O zmianach ciśnienia krwi w żyłach.

Przez

A. Becka.

Rzecz przedstawiona na posiedzeniu wydz. matem.-przyr. dnia 5. czerwca 1893 r.;
ref. członek Cybulski.

Dotychczasowe badania zjawisk fizyologicznych i patologicznych, zachodzących w czynności serca, ograniczały się niemal wyłącznie do śledzenia zmian ciśnienia krwi w tętnicach. Dość rzucić okiem na pierwszą lepszą pracę doświadczalną, aby się przekonać, że wszędzie, gdzie zależało na zbadaniu wpływu, czy to jakiegoś środka chemicznego, czy też bodźca innej natury na czynność serca, zawsze się zadawalano oznaczeniem ciśnienia krwi w tętnicach. A jeżeli już dość rzadko się zdarza, aby także bezpośrednio badano czynność serca kardyograficznie, to do wyjątków chyba zaliczyć musimy prace, w których zwracano uwagę na inne niemniej ważne zjawiska hemodynamiczne, n. p. na oznaczanie szybkości ruchu krwi i na ciśnienie w innych częściach składowych układu krążenia. Jeżeli jednak zważymy, że ciśnienie krwi w tętnicach pozwala nam tylko do pewnego stopnia sądzić o pracy, wykonanej przez lewą komorę serca, a bynajmniej nie wskazuje, w jaki sposób praca ta się w dalszej części układu krwionośnego rozdziela, i że ciśnienie tętnicze zależy nie tylko od siły skurczów serca, ale i od innych jeszcze czynników, musimy dojść do przekonania, że badania, ograniczające się li tylko do studyowania ciśnienia krwi w tętnicach, nie mogą być wystarczające.

Praca bowiem, którą wykonywa serce podczas każdej ewolucyi, zużywa się do nadania krwi ruchu postępowego i do pokonania oporów, które ten ruch napotyka w naczyniach krwionośnych. W miarę jak cząstki krwi posuwają się naprzód, tracą one część siły, która im nadaną została przez skurcze serca, a która zamienia się z jednej strony na chyżość prądu krwi, z drugiej zaś na pokonanie oporu. Opór ten, jak wiadomo, jest najznaczniejszy w drobnych tętniczkach i w naczyniach włoskowatych i wpływa w znacznej części na wysokość ciśnienia tętniczego. Mianowicie, jeżeli opór w drobnych naczyńkach przez ich zwężenie się zmniejszy, ciśnienie w badanej tętnicy, wobec jednostajnej zresztą siły skurczów serca, podniesie się, natomiast szybkość ruchu krwi w tętnicy stanie się mniejszą, gdyż przez węższe koryto wobec tej samej siły tłoczącej mniej krwi będzie w stanie przejść w jednostce czasu. Z tego wynika, że badanie ciśnienia w samych tylko tętnicach nie może nam wyjaśnić, czy dostrzegane zmiany ciśnienia są następstwem zmienionej czynności serca, czy też zmienionego oporu w drobnych tętniczkach i naczyniach włoskowatych. Wyjaśnienie pod tym względem może nam jedynie dać albo równoczesne badanie szybkości krwi, gdyż, jak widzieliśmy, z wzrostem oporu w drobnych naczyniach ciśnienie krwi w tętnicach wprawdzie się wzmoże, ale za to szybkość jej się zmniejszy, albo też mierzenie ciśnienia po przeciwległej stronie największego oporu, to znaczy w żyłach.

Przyczyna, dla której w badaniach hemodynamicznych autorowie z małym wyjątkiem pomijają oznaczanie ciśnienia w żyłach, zdaje się spoczywać głównie w trudnościach technicznych, z któremi trzeba walczyć w celu oznaczenia ciśnienia żylnego. Ponieważ ciśnienie krwi w żyłach, szczególnie w większych pniach jest bardzo nizkie, a wahania pojedyncze stosunkowo nieznaczne, przeto zastosowanie manometru rtęciowego, który do badania ciśnienia tętniczego, jak dotąd, zostaje uznawany jako najdokładniejszy, było niemożebne. Również niemożliwemi okazały się z powodów, które niżej poznamy, wszelkie manometry sprężynowe. Pozostawał zatem jedynie manometr wodny. Ten jednak, jakkolwiek czuły i dokładny, mógł wprawdzie służyć do bezpośredniego obserwowania ciśnienia okiem, ale nie dozwalał graficznego ustalania zmian ciśnienia, ponieważ nie był w stanie podnosić i poruszać pływaka i pokonywać oporu, jaki sprawia tarcie piórka o papier. Nie małą trudność badania ciśnienia żylnego stanowi także i ta okoliczność, że w miejscu połączenia żyły z jakimkolwiek manometrem, prawdopodobnie w skutek wolnego ruchu, krew prędko krzepnie.

W jaki sposób autorowie starali się trudności te pokonać i o ile ich usiłowania pomyślnym uwieńczone zostały rezultatem, przekonamy się z zestawionego poniżej rysu historycznego obchodzącej nas tu kwestyi.

Pierwsze próby Halesa badania ciśnienia krwi w żyłach, polegające na tem, że autor wstawiał rurkę szklaną do obwodowego końca żyły i ustawiwszy ją pionowo, obserwował, do jakiej wysokości krew w rurce się podnosi, nie zasługują wcale na uwzględnienie. Również i doświadczenia późniejsze Poisseuille'a [1]) były tak niedokładne, że ich wyników obecnie nikt w doświadczeniach swych w rachubę brać nie może. Poisseuille używał do mierzenia ciśnienia w żyłach swego hemodynamometru — to jest manometru rtęciowego, — i to w ten sposób, że łączył manometr z obwodowym końcem żyły, to jest zwracał go ku naczyniom włoskowatym. Rzecz naturalna, że w ten sposób manometr zatykał żyłę i wywoływał zastój, który zależnie od tego, czy istniały drogi uboczne krążenia żylnego i jakie one były, był większy lub mniejszy, a w przypadkach, w których w ten sposób łączył z manometrem żyłę, tworzącą jedyną drogę odpływu krwi z odpowiedniej tętnicy, mierzono właściwie ciśnienie tętnicze, albowiem żyła i naczynia włoskowate tworzyły niejako przedłużenie rurki manometrycznej do tętnicy. Dziwić się wypada, że sposób ten badania ciśnienia w żyłach, oparty na błędnem postępowaniu, dość długo nawet i w pracowni Ludwiga się utrzymywał. Dopiero Mogk i Ludwig [2]), zwróciwszy uwagę na błędy tej metody, starali się mierzyć ciśnienie, utrzymując krążenie w żyłach i w tym celu zastosowali osobną, ad hoc zbudowaną kaniulkę. Urządzenie tej kaniulki dość skomplikowane dozwalało wstawić ją przez wązki otwór zrobiony w ścianie żyły i do ściany tak umocować, że krew obok kaniulki mogła do niższych części żyły przepływać. Ponieważ jednak rurka, wewnątrz żyły się znajdująca, była na pewnej przestrzeni w osi żyły zwrócona otworem ku naczyniom włoskowatym (przedstawiała więc rurkę Pitot'a), przeto liczby w pomiarach tych otrzymywane wyrażały oczywiście nie tylko ciśnienie hydrostatyczne, ale i to ciśnienie, które wywierają cząstki krwi, posuwając się z pewną szybkością. Pomijając już ten błąd, który możnaby ostatecznie przez odpowiednią poprawkę usunąć, sam sposób umocowania kaniulki, jej skomplikowana budowa,

[1]) Recherches sur les causes du mouvement du sang dans les veins. Paris 1830.
[2]) Zeitschrift für rat. Med. tom III, 1845.

zmiana wywołana w świetle żyły przez wprowadzenie takiego aparatu, łatwe powstawanie skrzepów, zatykających cienką rurkę, były wadami, które uniemożebniały dokładne badanie. Na wady przyrządu Mogka zwracał też uwagę Volkmann [1]), i on to wprowadził w użycie rurkę kształtu litery *T*, której ramiona poziome łączono z obwodowym i dośrodkowym końcem przeciętej żyły, a ramię prostopadłe z manometrem. Jeżeli rurkę przedtem wypełniono fizyologicznym rozczynem soli kuchennej, to krew w żyle po włączeniu rurki mogła bez przeszkody krążyć aż do chwili powstania skrzepu i w ten sposób można było obserwować ciśnienie krwi w żyłach.

Pomimo wad, jaki przedstawiał przyrząd Mogka, znalazł on naśladowców. Jacobsohn i Recklinghausen [2]) używali tej kaniulki o tyle tylko zmodyfikowanej przez Ludwiga i Sprenglera, że ścianę żyły ściskano między dwie płytki, które usadowione były na właściwej kaniulce połączonej z manometrem. Nawet w znacznie późniejszej pracy Klemensiewicza z r. 1886, o której niżej będzie mowa, znajdujemy opis szeregu doświadczeń, w których łączenie żyły z manometrem odbywało się za pośrednictwem kaniulki Ludwiga i Sprenglera. Zresztą wszyscy badacze stosowali w doświadczeniach swych kaniulkę w kształcie litery *T*, którą podał był Volkmann.

Tak Mogk jak i Volkmann, a po nich wszyscy, którzy mierzyli ciśnienie krwi w żyłach, posługiwali się manometrem wodnym lub wypełnionym rozczynem węglanu sodowego, albowiem, jak pierwsze próby pouczyły, ciśnienie w żyłach jest tak małe, a wahania tak nieznaczne, że manometr rtęciowy okazał się przyrządem zupełnie nieczułym. Posługując się zaś manometrem wodnym, trzeba się było ograniczać— jak to już wyżej wspomniałem — jedynie do bezpośredniej obserwacyi wysokości ciśnienia, zadawalając się zarazem tylko odczytywaniem na manometrze wysokości słupa wody. Wobec tego, nawet w razie dostrzeżenia zmian, nie można mieć jasnego wyobrażenia o ich przebiegu i charakterze, zwłaszcza jeżeli one szybko powstają.

To też nie brakło starań, aby i do manometru wodnego zastosować urządzenie, któreby umożliwiło graficzne ustalanie zmian ciśnienia krwi w żyłach. Pierwsze takie próby wyszły w r. 1873 z pracowni dorpackiej. Cramer [3]), który w doświadczeniach swych posługiwał się w celu

---

[1]) Haemodynamik.

[2]) Virchow's Archiv für Pathologie und Anatomie 1866.

[3]) Experimentelle Untersuchungen über den Blutdruck im Gehirn. Inaugural-Dissert. Dorpat 1873.

oznaczania ciśnienia w żyle szyjnej wewnętrznej (*v. jugularis interna*) manometrem o 9 mm. średnicy, wypełnionym rozczynem soli kuchennej (od 2 : 100 do 20 : 100), umieszczał w manometrze pływaka z korka (w wosku wygotowanego), w którym tkwiło źdźbło w górze połączone z poprzeczną słomką. Słomka ta służyła za piórko, zapisujące na walcu okopconym krzywe ciśnienia. Krzywe w ten sposób otrzymane, jak tablice do pracy Cramera załączone pouczają, mają pewne cechy, po których od razu poznać można, że w manometrze istniała przeszkoda, nie dozwalająca ujawić się wszystkim drobnym wahaniom ciśnienia. Okoliczność ta ma właśnie w tych doświadczeniach tem większe znaczenie i tem więcej obniża wartość powyższej metody, że Cramer w doświadczeniach swych łączył obwodowy koniec żyły szyjnej za pomocą zwyczajnej kaniulki z manometrem, sztucznie więc podnosił w wysokim stopniu ciśnienie. Jeżeli więc mimo tego, krzywa w ten sposób otrzymana nie okazywała wszystkich zmian, jakie w ciśnieniu powstawały, to jakążby dopiero otrzymał krzywą, gdyby łączył żyłę z manometrem, nie tamując przytem przepływu krwi! Inaczej zresztą być nie mogło. Pomijając już bowiem ciężar pływaka, tarcie jego o rurkę manometryczną, i tarcie piórka o walec, zważmy tylko, ze średnica manometru wynosiła 9 mm. To znaczy, że jeżeli ciśnienie podniosło się n. p. o 10 mm. słupa cieczy, musiało 620 mm. sześc. cieczy wejść do manometru i taka sama ilość przecisnąć się przez znacznie węższą od manometru kaniulkę. Tarcie to cieczy o rurki było już dostateczną przeszkodą, aby przytłumić wahania ciśnienia.

Gruenhagen [1]) zastosował do manometru wodnego o małej średnicy, za pomocą którego starał się oznaczać ciśnienie w aorcie żaby, pływaka z parafiny. Pływak ten wraz z tkwiącą w nim cieniutką rurką szklaną, był tak dobrany, że walec parafinowy zanurzał się niemal zupełnie w cieczy manometru, a górny koniec rureczki poziomo zakrzywionej służył do zapisywania zmian ciśnienia na walcu okopconym.

Takiego samego pływaka używał też początkowo w swoich doświadczeniach nad ciśnieniem żylnem Klemensiewicz [2]). Później jednak zastosował pływaki, w których parafinę zastąpił masą kauczukową (?) (*Kammmasse*) z tą jeszcze zmianą, że rurka szklana nosiła u góry piórko

---

[1]) Ein neues manometrisches Verfahren zur Demonstration vasoconstrictorischer Centren im Rückenmark des Frosches. Pflügera Archiv t. XXV, 1881.

[2]) Experimentelle Beiträge zur Kenntniss des normalen und pathologischen Blutstromes. Sitzungsberichte der k. k. Akad. der Wissenschaften. Wien. Mathem.-Naturw. Abthlg. 1886.

szklane, wypełnione rozczynem eozyny, zupełnie podobne do tych piórek, których używa się do manometrów rtęciowych. Obszerna praca Klemensiewicza, w której on podaje wyniki swych badań nad ciśnieniem krwi w żyle udowej, traci wiele na swej wartości, z powodu używanej w doświadczeniach metody łączenia żyły z manometrem. Albowiem, jak wyżej wspomniałem, Kl. posługiwał się do tego celu kaniulką Sprenglera i Ludwiga, której wprowadzenie do żyły wnosi opory do krążenia żylnego, nie będące bez wpływu na ciśnienie.

Podobnego rodzaju urządzenie do graficznego zapisywania ciśnienia krwi w żyłach widziałem w pracowni Bascha we Wiedniu. Pływak zrobiony jest z trzciny napojonej parafiną i pewnego gatunku słomek, w rodzaju tych, jakie tkwią w niektórych cygarach (t. zw. virginia). Grubsza część pływaka zrobiona z trzciny zanurza się prawie zupełnie w płynie manometru, a do pisania służy również piórko wypełnione atramentem.

Łatwo pojąć, że w obec nizkiego ciśnienia panującego w żyłach, ciśnienia, które raz przedstawia bardzo drobne wahania, innym razem zaś zmienia się szybko w znacznych stosunkowo granicach, umieszczenie choćby najlżejszego pływaka, który swoim końcem górnym musi się ocierać o papier, przeszkadza bez wątpienia w wysokim stopniu ruchom płynu w manometrze. Jeżeli nadto uwzględnimy, że ciężar piórka wypełnionego barwikiem, nie może być bez wpływu na poziom wody w manometrze, zwłaszcza, że ciężar ten podczas doświadczenia wciąż się zmienia, a szczególnie nagłej zmianie ulega podczas dolewania barwika do piórka, pojmiemy, dla czego tego rodzaju urządzenie nie może zadość uczynić nawet mniej wybrednym wymaganiom ścisłego i dokładnego badania.

Po wprowadzeniu przez Mareya manometrów elastycznych, poczęto ich także używać do oznaczania ciśnienia w żyłach. I tak Dastre i Morat oznaczali ciśnienie krwi w żyle twarzowej (*vena facialis*) i w żyle palcowej (*vena digitalis*) u konia i osła za pomocą sfigmoskopu Mareya. Kaniulę zwyczajną wstawiali oni do dośrodkowego lub obwodowego końca tych żył. Starając się tylko wybrać żyłę bez zastawek, nie zauważali, jak podają, dzięki licznym anastomozom, wielkiej różnicy w ciśnieniu, którąby była zależną od tego, który koniec żyły przeciętej łączyli z manometrem. Hürthle zmodyfikował sprężynowy manometr Ficka i posługiwał się nim [1]), badając zmiany w ciśnieniu żylnem, jak o tem w jednej ze swych prac (Beiträge zur Hämodynamik) wspomina. Jednakże nie spotkałem się w jego pracy z dokładnymi opisami badań

[1]) Pflügers Archiv für die gesammte Physiologie. Bd. 43, 44.

ciśnienia za pomocą tych metod, lub z wynikami doświadczeń, które za pomocą nich otrzymał.

Ale i manometry sprężynowe, zastosowane do oznaczania ciśnienia krwi w żyłach, nie odpowiadają w zupełności zadaniu. Albowiem są one wszystkie opatrzone w piórka, urządzone na zasadzie dźwigni, a często nawet szeregu kilku dźwigni, co pociąga za sobą powstawanie martwych punktów, które ruchy piórka upośledzają.

Ten to brak dokładnych pomiarów nawet prawidłowego ciśnienia krwi w żyłach, wywołany brakiem dostatecznie czułych i dokładnych przyrządów, sprawił, że nawet w najobszerniejszych i sumiennie opracowanych dziełach, traktujących o fizyologii obiegu krwi, rozdział o ciśnieniu w żyłach traktowany jest po macoszemu [1]).

Z tego, co dotąd powiedziałem, wynika, że przyrząd, któryby odpowiadał wszystkim wymaganiom i za pomocą którego moglibyśmy otrzymać dokładne rezultaty z badania żylnego ciśnienia, powinien być przedewszystkiem nadzwyczaj czuły, to jest zdolny do oddawania najdrobniejszych wahań w ciśnieniu. Do graficznego oznaczania zmian w ciśnieniu powinien on też posiadać urządzenie, którcby nie absorbowało nawet najmniejszej części tej nieznacznej żywej siły, jaką posiada strumień krwi w żyłach. Nadto, ponieważ pod wpływem niektórych czynników (zmian w ułożeniu ciała i innych) ciśnienie w żyłach ulega bardzo znacznym wahaniom, taki przyrząd powinien być tak urządzony, żeby można było za pomocą niego notować w danym przypadku nawet pomniejszone wahania; wreszcie jego własne wahania, polegające na bezwładności, muszą być zredukowane do mininum.

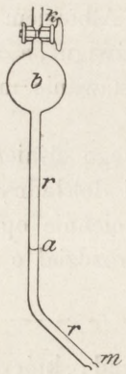
Wszystkim tym wymaganiom czyni zadość manometr żylny pomysłu p. Cybulskiego. Za pomocą tego przyrządu wykonałem w ciągu roku zeszłego w Zakładzie fizyologicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie szereg doświadczeń, które dały mi nader ciekawe rezultaty. Ponieważ Cybulski swój manometr, o którym mówił po raz pierwszy w Rozprawach Akademii Umiejętności z r. 1888, opisał dokładnie w swojej „Fizyologii człowieka“ (część II. 1892), przeto ograniczę się tu do streszczenia tego opisu.

---

[1]) Marey w obszernem dziele „La circulation du sang“, poświęcił zaledwie krótki ustęp ciśnieniu w żyłach i wskazuje w nim na ogromne trudności badania (Dans l'état normale de circulation, il est très difficile d'assigner une valeur quelconque à la pression du sang dans les veines. str. 412, wydanie z r. 1881). Podobnie zawiera i najnowsze a bardzo obszerne dzieło Tigerstedta: Lehrbuch der Physiologie des Kreislaufs (Lipsk 1893) skąpe dane tyczące się ciśnienia krwi w żyłach.

Składa się on z rurki szklanej Fig. 1. r. koło 20 cm. długiej mającej 3 mm. średnicy, która rozszerza się u góry w bańkę *b*, objętości 5—10 razy większej od objętości rurki. Rurka jest u dołu zgięta pod kątem rozwartym 120°—130°, a balonik przechodzi w górze znowu w rurkę opatrzoną szczelnym kurkiem *k*. Zastosowanie tego przyrządu może być dwojakie: raz może on służyć jako manometr wodny, drugi raz jako manometr powietrzny. Wyobraźmy sobie, że dolny koniec rurki (*m*) połączony jest zapomocą giętkiej rurki z rezerwoarem, w którym znajduje się ciecz pod ciśnieniem atmosferycznem. Jeżeli kurek przyrządu będzie otwarty, to ciecz w rurce stanie na tej samej wysokości, co poziom płynu w naczyniu, przypuśćmy na wysokości *a*. Wysokość ta oznacza nam wtedy 0 ciśnienia. Wszelkie dodatnie lub ujemne wahania w ciśnieniu, które możemy wywołać np. przez podnoszenie i opuszczanie rezerwoaru, zaznaczą się przez podnoszenie się lub opadanie menisku względem zera. W tym więc przypadku, to jest gdy kurek aparatu jest otwarty, mamy do czynienia z manometrem wodnym (jeżeli płynem, o którym była mowa, jest woda). Inaczej rzecz się ma, gdy kurek manometru po ustawieniu płynu na wysokości 0 zamkniemy. Wtedy podnoszenie ciśnienia wywiera ucisk na zamknięte w bańce i rurce powietrze, którego objętość według prawa Mariotte'a się zmniejsza w odwrotnym stosunku do wielkości ciśnienia; obniżenie się zaś ciśnienia wywoła odpowiednie zwiększenie objętości zamkniętego powietrza. Wahania płynu w manometrze będą wtedy mniejsze niż w poprzednim przypadku, jednakże równie dokładne i dla obserwacyi dostępne. W ten sposób przyrząd zaznacza raz wahania rzeczywistego ciśnienia, drugi raz, wedle potrzeby, zmniejszone.

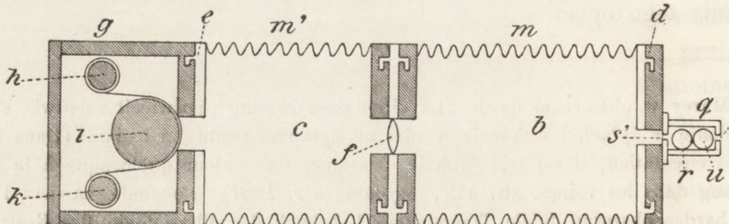
Fig. 1.



Najważniejszą atoli zaletą przyrządu jest sposób, w jaki zmiany ciśnienia, które manometr wykazuje, zostają zapisane. Do tego celu p. Cybulski zastosował fotografię.

Rurka manometru *r* umieszczoną jest w futerale metalowym *a* (Fig. 2)

Fig. 2.



między dwiema szczelinami *s*, *s'* dokładnie do siebie równoległemi, których szerokość można dowolnie zmieniać, a które w ten sposób są ustanowione, że promienie świetlne, przechodzące przez pierwszą szczelinę *s*, padają na największą wypukłość rurki, przechodzą przez całą jej grubość i wychodzą przez tylną szczelinę *s'*. Ta metalowa oprawa umieszczona jest na przedniej ścianie komory podzielonej na dwie części, *b* i *c*, a każdej z nich można nadać dowolną długość, gdyż składają się z ramek drewnianych *d* i *e* przesuwalnych na metalowych szynach, a połączonych z sobą skórzanymi miechami *m*, *m'*. Pomiędzy przednią a tylną komorą umieszczona jest soczewka *(f)* rzucająca obraz szczeliny na tylną ścianę komory, którą tworzy szkło matowe osadzone na ramce *e*. Jeżeli aparat ten ustawimy naprzeciw silnego źródła światła rozproszonego np. naprzeciw białej ściany oświetlonej promieniami słońca i przez odpowiednie ustawienie otrzymamy dokładny obraz szczeliny na szkle matowem, to przekonamy się, że gdy rurka wypełniona jest do pewnej wysokości wodą, obraz menisku tworzy ciemny prążek poprzeczny na światłej szparze. Ciemna ta linia pochodzi stąd, że podczas gdy promienie świetlne, które padają na części rurki wypełnionej powietrzem lub wodą, przechodzą niezałamane, to promienie świetlne, padające na menisk wklęsły wody, ulegają załamaniu i zostają skierowane ku dołowi, wskutek czego menisk rzuca cień. Szerokość tego cienia, to jest grubość ciemnego prążka na płycie matowej zależy od średnicy wewnętrznej rurki manometru. Wszelkie zmiany w wysokości słupa cieczy w rurce manometrycznej wyrażają się przez podnoszenie się i opadanie tej ciemnej pręgi naturalnie w odwrotnym kierunku, gdyż obraz, powstający na szkle matowem, jest odwrócony. Dla ustalenia śladu tych wahań, zastosowano ich fotografowanie. W tym celu zdejmuje się ramkę z szkłem matowem, a na jej miejsce wsuwa się skrzynkę *g*, mieszczącą papier fotograficzny. Skrzynka ta posiada trzy walce ustawione równolegle do siebie, jakby na wierzchołkach trójkąta, na jednym z nich (*h*) jest nawinięty papier, który stąd przechodzi na środkowy walec (*i*), tak umieszczony, że papier, po nim przechodzący, znajduje się dokładnie w ognisku promieni chemicznych obrazu szpary, a następnie nawija się na trzeci walec (*k*), który zostaje wprawiony w ruch obrotowy za pomocą aparatu zegarowego. Rzecz naturalna, że na papierze fotograficznym pręga ciemna stanie się widoczną jako miejsce jasne, w którem połączenie srebra na światło czułe najmniej uległo redukcyi. Aby zmiany te uczynić jeszcze wyraźniejszemi, można płyn w rurce słabo zabarwić barwikiem czerwonym, pochłaniającym część promieni świetlnych, wskutek czego część fotogramu, znajdująca się ponad meniskiem (z powodu od-

wróconego obrazu) będzie jaśniejsza. Otrzymane w ten sposób fotogramy, odpowiadające negatywom zwykłych zdjęć fotograficznych, mogą albo wprost służyć do pomiarów ciśnienia, albo też mogą być w dowolnej ilości odkopiowane jako obrazy dodatnie.

Korzyści, jakie daje zastosowanie fotografii do zapisywania wahań ciśnienia są tak oczywiste, że zbyteczne długo się o tem rozpisywać. Wprowadzenie przez Cybulskiego fotografii, jako metody graficznej, do hemodynamiki w pierwszym przyrządzie do oznaczania szybkości krwi (fotohemotachometr) był faktem, którego doniosłości dotąd należycie nie umiano jeszcze ocenić.

Doświadczenia, które prof. Cybulski z wyżej opisanym manometrem żylnym wykonał, doprowadziły do tak zadawalających rezultatów, że zachęcony przez niego rozpocząłem pracę nad ciśnieniem krwi w żyłach.

Przedewszystkiem podać muszę rozmiary tego manometru, którym się posługiwałem w swoich doświadczeniach. Objętość bańki wraz z rurką aż do punktu na którym ustawiałem zazwyczaj punk zera (*a* fig. *A*), wynosiła 17200 mm. sz. Przekrój zaś rurki był tej wielkości, że objętość słupa cieczy lub powietrza wysokości 1 mm. wynosił 8 mm. sześć. Jeżeli więc (przy zamkniętym oczywiście kurku manometru) płyn wskutek wzmożonego ciśnienia się podnosił, to każdy milimetr słupa płynu oznaczał zmniejszenie się objętości powietrza zawartego w manometrze o 8 mm. sześć., odwrotnie zaś podczas obniżania się ciśnienia objętość powietrza w manometrze zmniejszała się o tyle razy po 8 mm. sześć., ile milimetrów poniżej zera znajdował się menisk cieczy. Skoro według prawa Mariottea $D : d = v : V$, łatwo obliczyć ciśnienie, odpowiadające danej wysokości, na której stał manometr. Niech D oznacza ciśnienie, pod którem znajduje się powietrze zamknięte w manometrze, gdy ciecz stoi na zerze, a więc pod ciśnieniem atmosferycznem (średnio 760 mm. Hg = 10336 mm. H_2O), V objętość powietrza przy tem ustawieniu płynu = 17200 mm^3., v zaś objętość powietrza zawartego w manometrze pod ciśnieniem d, które sprawiło, że płyn w manometrze podniósł się do wysokości h mm. Wstawiwszy te wartości i uwzględniając, że $v = V - h \times 8\ mm^3$, otrzymamy $10336 : d = (17200 - h \times 8) : 17200$.

$$d = \frac{17200 \times 10336}{17200 - h.8} = \frac{2150 \times 10336}{2150 - h} = \frac{22222\,400}{2150 - h}$$

Z liczby, otrzymanej po podzieleniu, trzeba następnie odjąć ciśnienie atmosferyczne 10336. Obliczenia w ten sposób przeprowadzone wykazały, że gdy manometer wskazywał 10 mm. ponad zero ($h = 10$), ciśnienie wynosiło 48,3 mm. H_2O.

jeżeli h = 20 mm., to ciśnienie wynosiło 97 mm. H_2 O.
„ h = 30 „ „ „ „ 146 „ „
„ h = 40 „ „ „ „ 195 „ „
„ h = 50 „ „ „ „ 246 „ „
„ h = —10 „ „ „ „ —48 „ „
„ h = —20 „ „ „ „ —96 „ „

Przypatrzywszy się tym liczbom, widzimy rzeczywiście, że wysokości stanu manometru są proporcyonalne do wielkości ciśnienia, że każde powiększenie tej wysokości o 10 mm. odpowiada wzrostowi ciśnienia przeciętnie o 48 do 49 mm. H_2 O. Jeżeli uwzględnimy, że na to, aby płyn w manometrze naszym podniósł się o 10 mm. (= 48 mm. ciśnienia), potrzeba, aby zaledwie 80 mm. sz. (0·08 cm. sz.) krwi weszło z żyły do kaniulki, to poznamy wyższość tego przyrządu nad zwykłym manometrem wodnym. W manometrze używanym np. przez Cramera potrzebaby w celu podniesienia ciśnienia o taką samą wysokość blizko 3000 mm. sz. (3 cm. sześć.) cieczy, a więc aby ilość niemal 40 razy większa, weszła do manometru i przecisnęła się przez kaniulkę.

Jako płaszczyzna świecąca służyła w porze letniej biało-niebieskawa ściana gmachu, stojącego naprzeciw okien zakładu fizyologicznego, a w porze zimowej dach tegoż zakładu pokryty śniegiem. Do doświadczeń wybierano dnie pogodne i to porę, w której ściana, względnie dach oświetlany był przez promienie słoneczne. Okazało się jednak z czasem, że, mając dostatecznie czuły papier, można otrzymać wyraźne jeszcze fotogramy, nawet gdy słońce w czasie doświadczenia skryje się za chmurą. Jest to jedyna może niedogodność w zastosowaniu tego aparatu, że doświadczenia zawisły od pory i pogody. Jeżeli się jednak zważy, że obecnie mało który zakład fizyologiczny lub patologiczny nie posiada światła elektrycznego, że potrzeba tylko aparat ustawić naprzeciw silnie oświetlonej — za pomocą lampy projekcyjnej — płyty gipsowej, aby módz doskonale fotografować, że wreszcie przy dogodnem położeniu okien wystarczy skierować aparat na białą chmurę, to okoliczność ta prawie wcale nie wchodzi w rachubę.

Ustawiwszy aparat naprzeciw płaszczyzny świecącej, wypełniałem rurkę, służącą do połączenia żyły z manometrem, rozczynem węglanu sodowego (o ciężarze gatunkowym 1,085), a sam manometr do pewnej wysokości wodą słabo zabarwioną na czerwono, zapomocą pikrokarminu [1]) i przez odpowiednie przesuwanie oprawy manometru i szkła matowego

[1]) Wypełnienie całego aparatu węglanem sodowym nie jest praktyczne z tego powodu, że po kilkarazowem używaniu szkło pod działaniem węglanu sodowego staje się matowem, traci na przeźroczystości i czyni manometr nie do użycia.

starałem się na szkle matowem otrzymać dokładny obraz szczeliny i menisku cieczy. Zwracałem przy tem uwagę na to, aby odległość dwóch punków na szczelinie była równą odległości obrazów tych punktów na płycie matowej tak, że wysokość krzywej ciśnienia, otrzymanej na fotogramie, odpowiadała w zupełności rzeczywistym wysokościom stanu manometru. Rurka, łącząca manometr z kaniulką, długości koło 1 metra składała się z szklanych rurek zespojonych krótkimi kawałkami drenu kauczowego, tak jak zazwyczaj używa się do połączenia tętnicy z manometrem kymografionu. Rurkę tę łączyłem z manometrem nie, jak dotąd przeważnie czyniono, zapomocą kaniulki kształtu T, lecz zapomocą zwyczajnej kaniulki, którą wstawiałem do jednej z większych gałązek tej żyły, w której miałem mierzyć ciśnienie. Jak przy łączeniu tętnicy szyjnej (*art. carotis*) z kymografem mierzymy właściwie ciśnienie w tej tętnicy, od której ona odchodzi, to jest ciśnienie w aorcie, podobnie, wstawiając kaniulkę do dośrodkowego końca jakiejś żyły, mierzymy ciśnienie w większej żyle, do której ona wpada. Ten koniec dośrodkowy żyły, do którego wstawiliśmy kaniulkę, jest jakby ramieniem prostopadłem kaniuli w kształcie *T*, albo raczej naturalnym piezometrem, a jeżeli gałązka, którą w tym celu wybraliśmy, wchodzi prostopadle do żyły większej, to warunki mierzenia ciśnienia są najkorzystniejsze. Aby mierzyć ciśnienie w żyle szyjnej zewnętrznej (*v. jug. ext.*), odsłaniałem ją na możliwie małej przestrzeni w miejscu, gdzie wpada do niej mniej więcej pod kątem prostym jedna z większych gałązek i do jej końca dośrodkowego wstawiałem kaniulkę.

W celu oznaczenia zera manometru, ustawiałem koniec rurki, prowadzącej do manometru, przed połączeniem jej z kaniulką na wysokości żyły, w której badać miano ciśnienie, i otworzywszy kurek manometru, pozwalałem wypłynąć nadmiarowi cieczy, którą część manometru i rurka były napełnione. Wypływ cieczy ustał z chwilą, gdy stanęła w manometrze na tym samym poziomie, na którym znajdowała się żyła. Zamknąwszy w tej pozycyi kurek, ustawiono na wysokości menisku, oznaczającego wtedy ciśnienie atmosferyczne, pręcik, który rzucając stale cień na tylną płytę matową, względnie papier fotograficzny, znaczył podczas całego doświadczenia na papierze linię jasną, oznaczającą linię O. Pręcik ten był przyczepiony do sygnału elektrycznego, zapomocą którego można było dawać znaki odpowiednio notowane w protokole doświadczenia, mające następnie służyć do z oryentowania się w znaczeniu różnych zmian ciśnienia, otrzymanych na fotogramie, a wywołanych działaniem pewnych czynnikow lub wpływów.

Aby mieć możność równoczesnego notowania także ciśnienia tętniczego, posługiwałem się następującem urządzeniem dodatkowem. Tuż

przed rurką manometru żylnego, w tej samej co on oprawie, umieszczałem jedno ramię (*u* Fig. 2.) zwykłego manometru wodnego kształtu litery *U*. Drugie zaś ramię tego manometru było połączone zapomocą długiej rurki z wolnem ramieniem manometru rtęciowego, mierzącego ciśnienie w jednej z tętnic, zazwyczaj w tętnicy udowej. Połączenie to sprawiało, że wszelkie zmiany w poziomie rtęci manometru rtęciowego udzielały się manometrowi wodnemu. Menisk zaś tego ostatniego, na podstawie podanego już wyżej wyjaśnienia, znaczył ślad jasny na fotogramie. Rzecz naturalna, że manometr rtęciowy ustawiałem już z góry mniej więcej na tej wysokości, która odpowiadała ciśnieniu, jakie spodziewałem się zastać w tętnicy i dopiero następnie łączyłem go z manometrem wodnym. Zero manometru rtęciowego umieszczałem o tyle niżej linii, oznaczającej zero ciśnienia żylnego, aby obie krzywe były w odpowiedniej bliskości od siebie, jak tego wymagała szerokość papieru fotograficznego. Odległość linii zero ciśnienia tętniczego od zera ciśnienia żylnego oznaczano w każdem doświadczeniu i zaznaczano też na każdej krzywej. I tak n. p. w krzywej fig. 3. vo = a 110, znaczy, że linia prosta w dole figury umieszczona oznacza 0 ciśnienia żylnego i najduje się o 110 mm. wyżej od zera ciśnienia tętniczego.

Posługując się manometrem Cybulskiego, można także równocześnie znaczyć krzywe oddychania, mianowicie w ten sposób, że piórko spirografu lub bębenka, połączonego z pneumografem, ustawia się przed szczeliną przyrządu. Cień tego piórka znaczy ślad faz oddechowych na fotogramie. (Porów. Cybulski: Fizyologia Człowieka. Część II. str. 285).

Gdy już zero manometru żylnego było oznaczone, łączono rurkę manometru z kaniulką wstawioną do żyły i również wypełnioną roztworem węglanu sodowego, a przy równoczesnem oznaczeniu ciśnienia tętniczego łączono także tętnicę z manometrem rtęciowym i wtedy można było na płycie matowej aparatu obserwować zmiany ciśnienia w żyle i tętnicy. Wstawiwszy zaś na miejsce płyty skrzynkę z papierem fotograficznym, zapisywano krzywe ciśnienia tak prawidłowego, jako też zmian ciśnienia pod wpływem różnych warunków lub bodźców zewnętrznych. Przytem od czasu do czasu, w celu kontrolowania przebiegu doświadczenia, zdejmowano kasetę z papierem fotograficznym i zastępowano ją szybą matową. Jeżeli np. okazało się, że zmiany w ciśnieniu żylnem są zbyt małe, otwierano kurek manometru, jeżeli zaś uważano, że wahania są zanadto wielkie, sprowadzano poziom cieczy w manometrze do pierwotnego zera i zamykano kurek. Dodać jeszcze muszę, że zwierzę najczęściej umocowane było na desce obracalnej koło osi tak, że można je było ustawiać poziomo lub pionowo głową do góry lub na dół. Ponieważ żyła, w której mierzono ciśnienie, znajdowała się

w osi, koło której deska się obracała, przeto przy każdej z wymienionych pozycyj pozostawała ona stale na jednym poziomie, co z tego względu jest nader ważne, że tylko w ten sposób można uniknąć błędu, polegającego na przemieszczaniu się punktu zera pod wpływem zmian w położeniu ciała. Co do papieru fotograficznego, posługiwałem się w wszystkich swych doświadczeniach tak zwanym „*transparent films*“ (z fabryki Eastmana), który daje obrazy przeźroczyste. Z filmsu tego w podobny sposób, jak się z negatywu kopiuje dodatnie obrazy, kopiowałem te części krzywych, które miały służyć do pomiarów, i stąd pochodzą ryciny dodane do niniejszej pracy. Ryciny te odtworzone są z kopii drogą fotochemiczną, a wszystkie odpowiadają rozmiarami swemi $^1/_2$ naturalnej wielkości.

Zanim przejdziemy do omówienia wyników pomiarów prawidłowego ciśnienia krwi w żyłach, przypatrzmy się rezultatom poszukiwań innych autorów. W badaniach ciśnienia żylnego doszli autorowie jak Poiseuille, Magendie i inni do bardzo wysokich wartości; i tak Magendie znajdował w *vena jugul. ext.* psa ciśnienie = 18 mm. rtęci, a w żyle udowej nawet 50 mm. rtęci (680 mm. H_2 O). Przyczyną tak wysokich ciśnień była, jak już widzieliśmy, okoliczność, że manometr wstawiono do obwodowego końca żyły w kierunku ku naczyniom włoskowatym, przez co zapisywano pośrednio ciśnienie tętnicze, albo, jeżeli istniało krążenie oboczne (kolateralne), krew wtłoczona np. przez skurcze mięśniowe w tę część żyły, którą manometr zamykał, podnosiła ramię manometru, a po ustaniu siły tłoczącej (skurczów mięśniowych) nie mogła się cofnąć z powodu zastawek.

To też Volkmann, który, o ile wnosić można, w badaniach swych posługiwał się kaniulką w kształcie litery *T*, nie otrzymywał stosunkowo tak wysokich liczb ciśnienia. Podaje on u kozy w *v. facialis* 41 mm. słupa rtęci, w *v. jugul.* 18 mm. rtęci, u cielęcia w *v. metatarsea* 27 mm. słupa rtęci, w *v. jugul.* 9 mm. rtęci, u konia w małej żyle szyjnej 44 mm., w *v. jug.* 21,5 mm. rtęci.

Liczby te jakkolwiek mniejsze od poprzednich, musimy również już z góry uważać za stanowczo przewyższające liczby prawidłowego ciśnienia, przynajmniej dla żył szyjnych, (na co zwraca już uwagę Jacobsohn[1]), jeżeli porównamy z niemi wysokość ciśnienia w *ductus thoracicus*. Ciśnienie musi przecież tu być bezwarunkowo większe niż w dolnej części żyły szyjnej, gdyż w przeciwnym razie limfa nie mo-

[1]) Archiv. f. path. Amat. u. Phys. Bd. 36.

głaby się z przewodu piersiowego wlewać do żyły. Wprawdzie nie posiadamy ścisłych pomiarów ciśnienia w *ductus thoracicus,* jednakże na podstawie obserwacyj można było przyjść do przekonania, że ciśnienie ościenne limfy przy wejściu jej do żyły jest bardzo nizkie tak, że nie jest wstanie pokonać słupa wody 30 mm. wysokiego. (Ludwig znalazł w *ductus thoracicus* ciśnienie, wynoszące zaledwie 1 mm. Hg.) Naturalna rzecz, że w żyle, do której limfa się wlewa pod tak nizkiem ciśnieniem, musi ciśnienie być albo stale mniejsze, albo przynajmniej czasowo stawać się mniejsze od ciśnienia limfy. W żyle szyjnej zewnętrznej zaś, zatem więcej ku obwodowi, ciśnienie wprawdzie będzie większe niż w żyle szyjnej wspólnej (*v. jugularis communis*), jednakże trudno przypuścić, aby dochodziło do tak wysokich liczb, jak je znajdowali powyżsi autorowie.

W przeciwieństwie do tych wysokich liczb ciśnienia znajdujemy u innych autorów stale wartości ujemne. Ludwig i Mogk, [1]) o których sposobie badania wyżej wspomniałem, znajdowali u psów ciśnienie w żyle udowej = — 1,9 do — 6,8 mm. rtęci, w żyle szyjnej — 12,8 mm. rtęci (— 174 mm. H_2O). Są to znowu wartości, które a priori uważać musimy za fałszywe. Albowiem zważywszy, że w klatce piersiowej ciśnienie ujemne podczas prawidłowego oddychania nie dochodzi nawet na szczycie wdechu (a więc kiedy to ciśnienie ujemne jest największe) do tej liczby, jaką powyżsi autorowie znajdowali w żyle szyjnej, a więc że w klatce piersiowej stale (nawet podczas wdechu) panuje ciśnienie wyższe, niż w żyłach szyjnych, musimy dojść do wniosku, że krążenie krwi w tych warunkach byłoby w żyłach niemożebne. Wskutek oporu, jakie przedstawiałyby krążeniu żyły, leżące w obrębie klatki piersiowej, w których ciśnienie musi być równe ciśnieniu, istniejącemu w klatce piersiowej, powstawałby w żyłach szyjnych zastój, któryby się dopóty utrzymywał, dopóki ciśnienie nie wzrosłoby do tego stopnia, aby przezwyciężyło opór w żyłach piersiowych.

O wiele prawdopodobniejsze są już wartości ciśnienia w żyłach podane przez Jacobsohna [2]). Posługując się metodą taką samą, jakiej używał Mogk, doszedł jednak do wręcz przeciwnych rezultatów. (Już ta okoliczność nie zbyt pochlebnie świadczy o samej metodzie). W żyle bezimiennej u owcy podaje Jacobsohn ciśnienie 0·1 mm. Hg., w żyłach szyjnych + 0,2 i — 0·1, w żyle podobojczykowej — 0·6, a w gałązce, uchodzącej do tej ostatniej, ciśnienie niższe (sic!) bo — 1 mm. W *vena*

[1]) l. c.

[2]) Archiv für path. Anatomie und Physiologie. Bd. 36.

facialis externa 3 mm., w *vena facialis interna* 5·2 mm., w *vena brachialis* 4·1 mm., w jej gałązce 9 mm., w *vena cruralis* 11·4 mm., u psa w *vena anonyma* 1·5 mm.

Z późniejszych autorów, Klemensiewicz [3]) znalazł w żyle udowej ciśnienie prawidłowe, wynoszące 70 do 84 mm. H_2O. Zresztą niemal wszyscy, którzy o ciśnieniu w żyłach pisali, wspominają o ciśnieniu ujemnem w żyłach szyjnych, o tak zwanem *point dangereux* w dolnej części żyły szyjnej, której nacięcie czasem sprowadza śmierć z powodu aspiracyi powietrza.

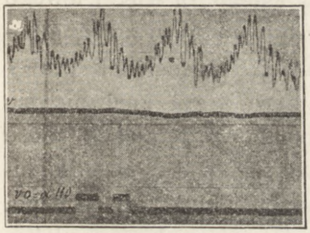
Przejdźmy teraz do ocenienia wyników prawidłowego ciśnienia w żyłach, które otrzymałem zapomocą manometru Cybulskiego. Nasamprzód podaję liczby, wyrażające maximum i minimum ciśnienia, otrzymanego w żyle szyjnej zewnętrznej w warunkach możliwie prawidłowych, w pozycyi poziomej zwierzęcia, w czasie spokojnego oddychania.

	Ciśnienie w milimetrach H_2 O.		UWAGA
	Maximum	Minimum	
I.	122	128	
II.	26	28	fig. 3.
III.	98	176	fig. 4. Oddechy forsowne
IV.	48	54	
V.	56	63	
VI.	115	135	
VII.	51	53	fig. 5

[3]) l. c.

	Ciśnienie w milimetrach H_2O		UWAGA
	Maximum	Minimum	
VIII.	91	106	fig. 6.
IX.	58	65	

fig. 3.



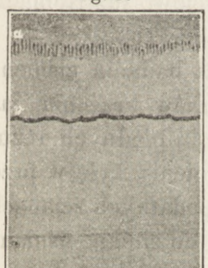
v ciśnienie krwi w żyłach
a ciśnienie w tętnicach
Manometr otwarty

fig. 4.



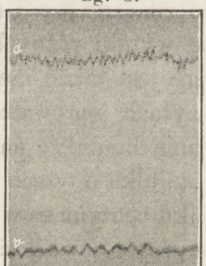
Manometr zamknięty

fig. 5.



Manometr otwarty

fig. 6.



Manometr zamknięty

Rzut oka na powyższe cyfry i na odpowiednie krzywe wskazuje, że ciśnienie w jednej i tej samej żyle u różnych zwierząt przedstawia dość znaczne różnice co do swej wielkości. Fakt ten nie może bynajmniej zadziwić, jeżeli się zważy, od czego zależnem jest ciśnienie w żyłach

Jak wiadomo, ciśnienie krwi w żyłach przedstawia resztę żywej siły, jaką cząstki krwi otrzymały pod wpływem skurczu lewej komory serca i zależy z jednej strony od siły tych skurczów, której wyrazem jest ciśnienie krwi w aorcie, z drugiej zaś od oporu, jaki jeszcze ruch krwi napotyka poniżej miejsca badanego, ostatecznie w prawym przedsionku. Jeżeli ciśnienie w tętnicach wzrośnie pod wpływem energiczniejszych skurczów serca, to przy równym zresztą oporze końcowym ciśnienie w żyłach się zwiększy; jeżeli zaś ciśnienie tętnicze pozostanie stałe, a opór przy ujściu żył wzrośnie, to w żyłach ciśnienie również się podniesie, natomiast szybkość się zmniejszy. W pierwszym przypadku wzrost ciśnienia żylnego będzie następstwem zwiększonej, a więc korzystnej pracy serca, w drugim będzie wyrazem zastoju dla krążenia krwi niekorzystnego.

Z drugiej strony zwiększona czynność serca całego, a więc i lewego i prawego, stwarza warunki dogodniejsze dla odpływu krwi z żył, albowiem wskutek zwiększonej pracy komory prawej, przedsionek prawy szybko się wypróżnia i opór dla strumienia krwi z żył znacznie się zmniejsza. Stąd pochodzi, że podniesienie ciśnienia w tętnicach może nie mieć wpływu na ciśnienie żylne, albo nawet że podwyższeniu ciśnienia tętniczego może równocześnie towarzyszyć obniżenie ciśnienia żylnego, zależnie od tego stosunku wzajemnego obu ważnych warunków, wpływających na ciśnienie żylne. Nic więc dziwnego, że w obec zależności od takich warunków, które mogą nawzajem na siebie w różny sposób wpływać, ciśnienie w żyłach nietylko u rozmaitych zwierząt nawet tego samego gatunku jest różne, ale nawet mierzone w tej samej żyle dość znaczne przedstawia wahania. Fakt ten częściowo już tłómaczy sprzeczne wyniki różnych autorów.

Jasną jest także rzeczą, dlaczego właśnie podczas badania ciśnienia krwi w żyłach wprowadzanie nadzwyczajnych warunków krążenia, jak zastosowanie kaniulek na wstępie opisanych, wiedzie do błędnych rezultatów. Kaniulka o trzech ramionach, w postaci *T*, zamienia żyłę w przebiegu kilku centymetrów na naczynie o twardych, niepodatnych ścianach, które nie przystosowuje się, jak prawidłowa ściana żył, do zmian ciśnienia wewnątrz naczyniowego i do wpływu ciśnienia atmosferycznego, a przez to ciśnienie żylne w tym przypadku przedstawia się zupełnie inaczej, niż w warunkach prawidłowych. Już samo obnażenie większej przestrzeni żyły i oddzielenie jej od tkanki otaczającej, co jest nieuniknione przy zastosowaniu takiego połączenia, lub kaniulki używanej przez Mogka, stwarza warunki znacznie różne od prawidłowych. Tej to okoliczności prawdopodobnie należy przypisać, że autorowie otrzymywali tak często dla ciśnienia żylnego wartości ujemne, to jest niższe od ciśnienia atmosferycznego. Albowiem wstawianie rurki w kształcie *T*, albo osadzanie

kaniulki z boku w ścianie żyły, sprawiało, że żyła nie mogła zmniejszyć swej objętości w stosunku do odpływu krwi z danego miejsca pod wpływem ssącego działania serca i klatki piersiowej. Dlatego też sądzę, że najracyonalniejsze jest łączenie żyły z manometrem w sposób powyżej opisany, to jest przez wstawienie zwykłej kaniulki do jednej z gałązek danej żyły. Sposób ten, który opisał już prof. Cybulski w cytowanej wyżej rozprawie z r. 1888 został także zastosowany i w niektórych innych pracowniach, między innemi przez Bascha w Wiedniu.

Przyglądając się krzywym ciśnienia żylnego otrzymanym za pomocą fotografii, dostrzegamy, że wysokości ciśnienia nie zawsze przedstawiają linię prostą lub jednostajnie się wznoszącą albo opadającą, lecz że częstokroć okazują stałe, dość regularne wzniesienia i obniżenia — jednem słowem duże fale, szczególnie uwydatnione na krzywej fig. 4, 7, 15, 16, 17 i i., które, jak obserwacya uczy, zależą od faz oddechowych. W żyłach, leżących w obrębie klatki piersiowej, a także i w żyłach, uchodzących do nich, jak np. w dużych żyłach szyjnych, ramieniowych wahania te spotykamy prawie zawsze. Że one rzeczywiście są współczesne z oddychaniem, wskazuje na to z jednej strony obserwacya bezpośrednia odpreparowanej żyły (np. żyły szyjnej zewnętrznej), na której możemy widzieć pulsacye współczesne z oddychaniem, z drugiej strony otrzymane przez prof. Cybulskiego krzywe ciśnienia żylnego, na których równocześnie notowano fale oddechowe. (Fizyologia Człowieka część II. str. 285). Krzywe pulsu żylnego, otrzymane zapomocą czułych sfigmografów, oraz zależność ich od oddychania znajdujemy także przedstawione przez Mareya[1]), Gottwalta[2]) i innych.

Zależność zmian strumienia krwi w żyłach szyjnych od oddychania zauważył już Valsalva, a doświadczeniem wykazał ją pierwszy Barry[3]). Łącząc żyłę szyjną konia z rurką zagiętą ku dołowi i zanurzoną w wodzie, obserwował znaczniejsze podnoszenie się płynu w rurce podczas wdechu niż podczas wydechu (w doświadczeniach tych otrzymał zatem stałe ciśnienie ujemne, wzmagające się podczas wdechu).

Wytłomaczenie, w jaki sposób powstają fale oddechowe ciśnienia żylnego, nie napotyka na trudności. Wiadomo, że pomiędzy płucami a klatką piersiową istnieje ciśnienie ujemne, które zależy od stopnia rozciągnięcia płuc; podczas wdechu ciśnienie to ujemne jest najznaczniejsze, a zmniejsza się podczas wydechu. Wpływ ciśnienia ujemnego odbija się także na wszystkich narządach klatki piersiowej, najwięcej

[1]) La circulation du sang. str. 415.

[2]) Archiv für die gesammte Physiologie. T. 25.

[3]) Recherches expérimentales sur les causes du mouvement du sang dans les veines. Paris 1825.

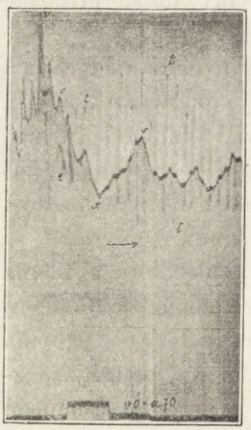
zaś na tych, które mają ściany podatne, cienkie, a więc przedewszystkiem na żyłach i naczyniach limfatycznych. Ujemne ciśnienie klatki piersiowej działa ssąco na zawartość żył, które leżą poza obrębem kłatki piersiowej, a zatem znajdują się pod ciśnieniem atmosferycznem, a uchodzą do żył klatki piersiowej. Dzięki temu ssącemu działaniu krew raźniej się wlewa do żył klatki piersiowej, co naturalnie pociąga za sobą obniżenie się ciśnienia w żyłach. Że zaś ciśnienie ujemne jest znaczniejsze podczas wdechu, mniejsze podczas wydechu, stąd też i wpływ tego ciśnienia na ciśnienie żylne jest większy podczas wdechu i sprowadza znaczniejszą aspiracyę krwi z żył do serca, aniżeli podczas wydechu.

Fale oddechowe ciśnienia żylnego obserwujemy nietylko w żyłach, leżących w klatce piersiowej i w najbliższych, które do nich uchodzą, lecz także czasem w odleglejszych. W żyłach, należących do obszaru *vena cava inferior*, obserwujemy wahania oddechowe o wiele rzadziej dzięki działaniu zastawek żylnych, a jeżeli występują, mają oczywiście kierunek odwrotny, albowiem w jamie brzusznej wpływ oddychania jest odwrotny, niż w klatce piersiowej.

Jak znaczny jest wpływ prawidłowego oddychania na ciśnienie żylne wskazuje krzywa fig. 7.

Krzywa ta przedstawia obraz zmian ciśnienia podczas forsownych oddechów, jakie zazwyczaj zwierzę wykonywa na początku doświadczenia, gdy jeszcze jest mocno wskutek preparowania rozdrażnione i pod wpływem przypadkowego zadrażnienia ośrodków nerwu błędnego. Widzimy tu, jak znaczne są fale oddechowe ciśnienia żylnego. Na figurze tej punkt x oznacza moment, w którym wykonano tracheotomią. Pomimo, że zwierzę się wcale nie uspokoiło, owszem po tracheotomii oddechy stały się jeszcze głębsze i forsowniejsze, fale oddechowe ciśnienia żylnego są mniejsze. Wpływ tracheotomii na postać fali ciśnienia żylnego jeszcze lepiej uwidocznia krzywa fig. 8., w której x oznacza chwilę wykonania tracheotomii. Wytłomaczenie zjawiska, przedstawiającego się nam w tych dwu krzywych, (podobne obrazy otrzymałem i w innych doświadczeniach) jest również bardzo łatwe. Podczas prawidłowego oddychania strumień powietrza, mogący się przecisnąć przy wdechu przez głośnię, nie jest w stanie

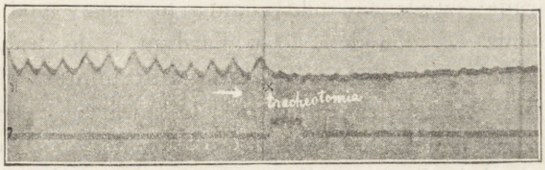
Fig. 7.



v ciśnienie żylne,
t ciśnienie tętnicze,
w miejscu x wykonano tracheotomię.
Manometr zamknięty.

od razu wyrównać różnicy między ciśnieniem atmosferycznem, a ciśnieniem powietrza zawartego w płucach. Wskutek tego klatka piersiowa podczas rozszerzania się spotyka znaczny opór ze strony płuc, nie mogących się współcześnie rozszerzać z klatką piersiową, co powiększa naturalnie ciśnienie ujemne i aspiracyę krwi z żył, a tem samem zmniejsza ciśnienie

Fig. 8.

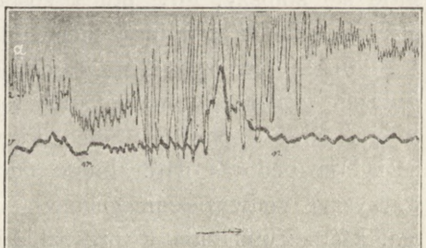


w x wykonano tracheotomię.
Manometr otwarty.

w żyłach. Z chwilą wykonania tracheotomii powstaje szeroki otwór w tchawicy, przez który może powietrze pełnym strumieniem wchodzić do płuc, wówczas różnica ciśnienia powietrza w płucach i zewnętrznego podczas wdechu może się o wiele szybciej wyrównywać, wskutek czego różnica ciśnienia śródklatkowego, a tem samem ciśnienia żylnego między fazą wdechową i wydechową, nie występuje tak wybitnie na jaw.

Jednakże ssące działanie klatki piersiowej nie jest jedynym czynnikiem, który sprowadza wahania w wielkości ciśnienia żylnego. Albowiem spostrzegamy niekiedy, że i po otwarciu klatki piersiowej i po zastosowaniu sztucznego oddychania fale oddechowe, acz słabsze, również na krzywej ciśnienia żylnego są widoczne, jak to okazuje fig. 9. Przyczyna więc powstania tych fal nie może leżeć jedynie tylko w zmianach ciśnienia ujemnego klatki piersiowej, gdyż po jej otwarciu znajduje się w otoczeniu serca i żył stałe ciśnienie atmosferyczne. W celu wyjaśnienia, w jaki sposób powstają fale oddechowe ciśnienia żylnego podczas sztucznego oddychania, musimy się uciec do tego samego tłomaczenia, jakie

Fig. 9.



a ciśnienie krwi w tętnicach,
v „ „ „ żyłach.
Manometr otwarty.
Przy *m* otwarto klatkę piersiową.
m—n, klatka p. otwarta, wstrzymane oddychanie.
Od *n* na lewo oddychanie sztuczne.

dajemy analogicznemu zjawisku w ciśnieniu tętniczem. Jak wiadomo, krzywa ciśnienia tętniczego okazuje także fale oddechowe, które się nie zmieniają nawet, gdy zastosujemy sztuczne oddychanie, a więc gdy wywołamy stosunki ciśniśnia śródklatkowego wręcz odwrotne od tych, jakie istnieją w czasie, gdy zwierzę prawidłowo oddycha. Jeżeli płuco rozszerzy się czyto przez działanie mięśni oddechowych, a zatem pod wpływem ciśnienia ujemnego, powstałego w klatce piersiowej, czy też przez zastosowanie sztucznego oddychania, to znaczy pod wpływem dodatniego ciśnienia w tchawicy, to w każdym razie wskutek rozdęcia pęcherzyków płucnych, naczynia włoskowate tętnicy płucnej ulegają wydłużeniu. Wydłużenie zaś naczyń włoskowatych pociąga za sobą zwężenie ich światła, a tem samem zwiększenie oporu dla przepływu krwi z tętnic do żył płucnych. Rozszerzenie płuc podczas wdechu sprowadza zatem przeszkodę w krążeniu płucnem, która podczas sztucznego oddychania jest większa, skoro do zwężenia naczyń włoskowatych w ścianach pęcherzyków płucnych przyczynia się także ciśnienie dodatnie, pod którem wtłaczamy powietrze do płuc. Wskutek utrudnionego krążenia w obszarze tętnicy płucnej nagromadza się podczas wdechu większa ilość krwi w komorze prawej, przedsionek prawy nie może się w tym stopniu wypróżniać, jak podczas wydechu, a następstwem tego jest podniesienie się ciśnienia w żyłach ciała. Że rzeczywiście podczas wdechu naczynia włoskowate płucne się zwężają, dowodzą doświadczenia Poiseuille'a, Quincke i Pfeiffera [1]), które wykazały, że podczas sztucznego krążenia o stałem ciśnieniu płynu w tętnicy płucnej, wypływ z żyły staje się słabszy, gdy płuca zostają wzdęte, a zwiększa się, gdy się pozwala płucom przybrać pierwotną objętość.

Jeżeli przypuszczenia co do przyczyny powstania fal oddechowych podczas sztucznego oddychania są uzasadnione, to jak z powyższego widać, fale te powinny mieć kierunek odwrotny od kierunku, który posiadają podczas naturalnego oddychania, to jest wdechowi musi towarzyszyć podwyższenie ciśnienia, a wydechowi obniżenie. Doświadczenia, które zamierzam w przyszłości wykonać, notując zarazem krzywe oddychania, będą mogły sprawę tę należycie wyjaśnić.

Jeszcze na jeden moment należy zwrócić uwagę, gdy się rozchodzi o dokładne ocenienie wszystkich czynników, składających się na powstanie fal oddechowych ciśnienia żylnego. Mianowicie Kronecker i Heinricius [2]), wychodząc z doświadczeń Haslama, które wykazały, że sto-

---

[1]) Archiv für Anatomie und Physiologie 1871. p. 90.

[2]) Einfluss der künstlichen Athmung auf den Blutdruck im Aortensystem. Schweiz. Correspondenzblatt 1888.

sunkowo małe podwyższenie ciśnienia w worku osierdziowym wystarcza do zniesienia ruchów serca, uważali ucisk rozdymających się płuc podczas sztucznego oddychania za przyczynę zmian ciśnienia w tętnicach. Wahania te miały się zmniejszać, jeżeli mechanicznie oddalono płuca od serca, a ustawać zupełnie, gdy serce wysuwano naprzód poza obręb klatki piersiowej. Otóż bardzo być może, że i ten wpływ ucisku mechanicznego płuc na serce, zwłaszcza na przedsionki i duże pnie żylne, jaki powyżsi autorowie obserwowali, odbija się bądź bezpośrednio, bądź też pośrednio drogą zmian w ciśnieniu tętniczem na ciśnieniu w żyłach.

Oprócz fal oddechowych występują często na krzywych ciśnienia żylnego fale drobniejsze, odpowiadające pojedynczym ewolucyom serca. Fale te — właściwy puls żył — widzieć można na krzywych fig. 7 17 i innych, a spotykamy je w dużych żyłach jak w *vena cava superior* i *inferior*, w żyłach szyjnych, rzadko już w żyle udowej. Co się tyczy przyczyny powstawania tego pulsu, to pod tym względem istnieją obecnie z małym wyjątkiem zgodne zapatrywania. Jest rzeczą dowiedzioną, że pulsacye te powstają wskutek podwyższenia ciśnienia żylnego podczas skurczu i obniżenia podczas rozkurczu przedsionka prawego. Jak wiadomo, różnica ciśnienia w przedsionku prawym podczas skurczu i rozkurczu może dochodzić do 40 mm. Hg., nic więc dziwnego, że te kolo salne wahania ciśnienia udzielają się większym żyłom w ten sposób, iż podwyższeniu ciśnienia w przedsionku podczas skurczu towarzyszy podwyższenie ciśnienia w żyłach. Co do odmiennych zapatrywań wspomnieć należy o dawniejszem zdaniu Quinckego[1]), który uważał pulsacye żylne za puls, przeniesiony z tętnic przez naczynia włoskowate na żyły. Podobne twierdzenie zbić łatwo prostem doświadczeniem, wykazującem, że ucisk, wywarty na żyłę, znosi pulsacyę od strony naczyń włoskowatych. Nadto przemawia jeszcze przeciw temu przypuszczeniu fakt, że puls żylny spotykamy tylko w żyłach większych, bliżej serca będących i że znika on w miarę, jak się zbliżamy ku naczyniom włoskowatym.

Zupełnie odmienne zapatrywanie co do sposobu powstawania pulsu żylnego wypowiedział Mosso[2]). Według niego skurcz serca wskutek zmniejszenia jego objętości sprowadza zwiększenie ciśnienia ujemnego klatki piersiowej (w kierunku ujemnym), a zwiększenie objętości serca podczas rozkurczu zmniejsza ciśnienie ujemne. Te wahania ciśnienia ujemnego sprowadzają dopiero wahania ciśnienia żylnego. Więc żyły nie pulsują bezpośrednio pod wpływem czynności serca, lecz wskutek

---

[1]) Berl. klin. Wochenschrift 1868.

[2]) Mosso: Die Diagnostik des Pulses etc. Lipsk 1879. str. 42.

zmian objętości serca powstają zmiany w ciśnieniu ujemnem klatki piersiowej, które znowu sprowadzają wahania w przypływie krwi z żył do serca.

Nie wdając się w bliższy rozbiór tej teoryi i doświadczeń, na których Mosso ją zbudował, chcę tylko jako dowód, przemawiający przeciw niej, przytoczyć doświadczenia Gotwalta [1]), który, obserwując pulsacye żylne u psa, nagle otwierał od strony jamy brzusznej klatkę piersiową, przez oddzielenie przepony od żeber i przekonał się, że pulsacye żylne pomimo braku ciśnienia ujemnego w klatce piersiowej nie ustawały, dopóki serce dość mocno jeszcze się kurczyło.

Przyczynę, dla której nie zawsze znajdujemy pulsacye w krzywych ciśnienia żylnego, tłomaczą po części doświadczenia Tripiera, który wykazał, że puls żylny znika, jeżeli ciśnienie w żyłach się znacznie obniża [2]).

Podobnego rodzaju pulsacye, jakkolwiek odmiennego pochodzenia, możemy czasem dostrzedz w żyłach czaszki, albo także w żyłach kończyn, jeżeli je umieścimy w hermetycznie zamkniętem naczyniu np. w pletysmografie. W tych przypadkach odpowiednie narzędzie znajduje się w naczyniu o ścianach niepodatnych (mózg w czaszce, kończyna w pletysmografie) i zmiany objętości tego narzędzia, powstałe skutkiem wypełnienia tętnic podczas każdego skurczu, wywierają ucisk na treść tego naczynia, który udziela się żyłom o słabych ściankach i wypycha z nich w większej ilości krew w stronę serca. Podobnie może tętnica, która w przebiegu swoim leży tuż obok żyły, przez tętnienie swoje uciskać rytmicznie żyłę i w ten sposob udzielić jej swe pulsacye. Tego rodzaju puls żylny, którego krzywa tworzy odwrócony obraz krzywej pulsu tętniczego, opisał pierwszy Ozanam [3]), nadając mu niezbyt szczęśliwie dobraną nazwę „*circulation par influence*“.

Omówiwszy cechy charakterystyczne ciśnienia żylnego w stanie prawidłowym, zastanowimy się teraz nad zmianami ciśnienia wywołanemi przez zadziałanie niektórych czynników zewnętrznych na układ krążenia. Mimowoli nasuwa się chęć ugrupowania tych czynników według znanego ich wpływu na ciśnienie krwi w tętnicach. Jeżeli jednak zadamy sobie pytanie, czy zmianie ciśnienia tętniczego w jednym kierunku, to jest jego podniesieniu lub obniżeniu się, towarzyszy stale

[1]) Archiv für die gesammte Physiologie. Tom 25. 1881.

[2]) Contribution a l'etude du pouls veineux. Lyon médical 1884.

[3]) Comptes rendus. t. 93. Nr. 2.

pewna tylko zmiana ciśnienia żylnego i wogóle jaka jest zależność pomiędzy ciśnieniem żylnem a tętniczem, to odpowiedź na to pytanie okaże, że tego rodzaju podział nie byłby racyonalnym. Omawiając wyżej, jakie czynniki posuwają strumień krwi w żyłach, zwracałem już uwagę na to, że ciśnienie żylne zależy z jednej strony od ciśnienia krwi w tętnicach i od oporu, jaki strumień krwi napotyka w sercu prawem. Te dwa czynniki należy wciąż mieć na oku, jeżeli chcemy zrozumieć zjawiska, jakie zachodzą w ciśnieniu krwi w żyłach pod wpływem zmian, którym ulega środkowy lub obwodowy układ krążenia. Jeżeli bowiem pod wpływem jakiegokolwiek bodźca, który wzmacnia czynność lewej komory serca, ciśnienie w tętnicach się podniesie, to zależnie od równoczesnego zachowania się komory prawej, ciśnienie w żyłach albo się również podniesie, albo też nie ulegnie zmianie, albo wreszcie opadnie. Mianowicie, jeżeli bodziec ten jednocześnie pobudza do większej czynności i prawą komorę, to o ile wskutek wzmożenia się ciśnienia tętniczego większa ilość krwi napływa z naczyń włoskowatych do żył, co mogłoby pociągnąć za sobą powiększenie ciśnienia w żyłach, o tyle energiczniejsze skurcze prawej połowy serca pompują silniej krew z żył, co znowu wpływa na obniżenie tego ciśnienia. Z drugiej strony wiemy, że podwyższenie ciśnienia w tętnicach może pochodzić z zwiększenia się oporu, to znaczy wskutek zwężenia drobnych naczyń. W tym przypadku podwyższeniu ciśnienia w tętnicach, jak z teoretycznego rozumowania wynika, musi towarzyszyć obniżenie ciśnienia w żyłach, przynajmniej w tych, do których wlewa się krew z obszaru naczyń zwężonych. Z tego wynika, że jakkolwiek związek między ciśnieniem tętniczem a żylnem jest ścisły, to jednak stosunek między jednem a drugiem nie zawsze jest stały, a z przytoczonych poniżej doświadczeń przekonamy się, że wyniki eksperymentalne najzupełniej potwierdzają rozumowanie teoretyczne. Podwyższeniu ciśnienia tętniczego towarzyszy raz obniżenie, drugi raz podwyższenie ciśnienia żylnego zależnie od sposobu, w jaki wpływaliśmy na narzędzia krążenia, to znaczy zależnie od tego, które części układu krążenia przez dany czynnik lub bodziec zmieniły swoje zachowanie.

Od czasu jak mierzono wogóle ciśnienie w żyłach, (naturalnie zapomocą bezpośredniego odczytywania na manometrze), wiadomo było, że drażnienie nerwu błędnego wywołuje podniesienie się ciśnienia w żyłach. Ten wzrost ciśnienia żylnego, idący w parze z obniżeniem się ciśnienia w tętnicach, dał powód do mylnego tłomaczenia stosunku między krążeniem krwi w żyłach, a tętnicach. Sądzono, że obniżeniu ciśnienia tętniczego towarzyszy zawsze podwyższenie ciśnienia w żyłach i uważano to za konieczne zjawisko, które obserwować można już w schemacie

Webera. Według tego schematu może wypełnienie systemu tętniczego wziąść skutek jedynie kosztem żylnego i odwrotnie; stąd, gdy w tętnicach ciśnienie opadnie, musi ono podnieść się w żyłach. Zdanie to przeniosło się do późniejszych podręczników i stąd też znajdujemy podobne zapatrywanie w obszernie opracowanej przez Rolleta fizyologii krążenia, w zbiorowym podręczniku Hermanna. Przeciw takiemu pojmowaniu występuje Kornfeld,[1]) zwracając uwagę na to, że zjawisko, zachochodzące w schemacie Webera, nie da się żywcem przenieść do stosunków krążenia krwi z tego powodu, że tu nie mamy do czynienia z jednem, lecz z dwoma sercami. Układ tętniczy wypełnia się tylko pośrednio krwią, pochodzącą z żył ciała, bezpośrednio zaś krwią żył płucnych. To też — tak rozumuje Kornfeld — zmniejszenie się ilości krwi w tętnicach, powstałe skutkiem obniżenia się ciśnienia, musi za sobą pociągnąć w pierwszej linii zastój i podwyższenie ciśnienia w żyłach, doprowadzających krew do lewego serca, to jest w żyłach płucnych. Gdyby więc wskutek podrażnienia nerwu błędnego powstawało tylko zniesienie dopływu krwi do tętnic ciała, to jest zwolnienie lub zatamowanie czynności tylko lewego serca, musiałoby i w żyłach wielkiego obiegu obniżyć się ciśnienie, a podniosłoby się ono tylko w żyłach płucnych. Jeżeli jednak w żyłach obwodowych podnosi się ciśnienie, to musi to pochodzić stąd, iż odpływ krwi z żył do prawego serca jest utrudniony lub zniesiony wskutek równoczesnego zwolnienia lub zatamowania akcyi prawego serca. Wywody swoje starał się Kornfeld stwierdzić przez następujące doświadczenie. Mierząc ciśnienie krwi w tętnicy szyjnej i w prawym przedsionku serca, oraz ilość krwi, wypływającej z obwodowego końca przeciętej żyły szyjnej, zauważył, że gdy podczas drażnienia nerwu błędnego ciśnienie tętnicze opadało, a w prawym przedsionku się podnosiło, krew z przeciętej żyły przestała wypływać. Doświadczenie to ma zatem dowodzić, że podwyższenie ciśnienia w żyłach podczas drażnienia nerwu błędnego nie jest następstwem przypływu krwi z tętnic do żył, lecz jakiegoś zastoju, który powstał skutkiem tego, że ustaje lub słabnie ssące działanie prawej połowy serca.

Zdaniem mojem doświadczenie to wcale nam nie tłomaczy, dlaczego podczas drażnienia nerwu błędnego ciśnienie w żyłach się podnosi. Bo że krew przestaje z żyły wypływać (co możnaby o wiele dokładniej badać, oznaczając szybkość krwi w żyłach zapomocą fotohemotachometru Cybulskiego) nie dowodzi jeszcze, że i czynność komory prawej zostaje

---

[1]) Centralblatt für Physiologie 1891 i Klinische und experimentelle Studien aus dem Laboratorium Prof. von Basch 1892.

zatamowaną, gdyż ruch krwi w żyłach może ustać, a bezwątpienia ustaje także z tego powodu, że po zatamowaniu akcyi serca przychodzi do wyrównania różnicy ciśnień w układzie tętniczym a żylnym. Jak wiadomo, skurcze serca pewnej częstości i siły utrzymują stałą różnicę między ciśnieniem w tętnicach a żyłach. Dzięki tej różnicy istnieje stały ruch krwi z układu tętniczego do żylnego, który w tej chwili musi ustać, skoro tylko różnica ciśnień zostanie usuniętą, to znaczy, gdy ciśnienie tętnicze stanie się równem żylnemu bądź przez to, że w tętnicach się obniży, bądź też, że w żyłach się podniesie. Takie wyrównanie ciśnienia następuje wtedy, gdy czynność serca zostaje zatamowana, albowiem skurcze serca są właśnie owym czynnikiem, utrzymującym różnicę ciśnień. Nie wchodzi tu wcale w rachubę, czy mamy do czynienia z jednem, czy, jak w naszym ustroju, z dwoma sercami, gdyż w ostatnim przypadku sprawa zostaje ta sama nie w jednym, lecz w dwu układach krążenia.

Zresztą wniosek Kornfelda, jakoby w jego doświadczeniach przyczyną ustania ruchu krwi w żyłach był brak działania ssącego prawego serca, jest pozbawiony wszelkich logicznych podstaw. Albowiem autor ten badał wypływanie krwi z końca obwodowego przeciętej żyły i popełnił przez to niezmierny błąd, że nie zwrócił uwagi na to, iż po przecięciu żyły jej koniec obwodowy usuwa się z pod wpływu prawego serca i chociażby „zastój“, na karb którego Kornfeld jedynie kładzie podniesienie się ciśnienia żylnego, był w prawym przedsionku jak największym, krew z obwodowego końca przeciętej żyły wykluczonej z wiązku z przedsionkiem wypływałaby bez przeszkody, jeżeli tylko z tętnic przechodzi do żył. W celu przekonania się, czy czynność prawego serca podczas drażnienia nerwu błędnego zostaje zatamowaną, nie potrzeba było uciekać się do tak skomplikowanego doświadczenia, fakt ten bowiem znany już jest z bezpośredniego obserwowania odsłoniętego serca u zwierząt podczas drażnienia ich nerwu błędnego, a także z badań nad zachowaniem się ciśnienia krwi w tętnicy płucnej.

Ponieważ nie jasnem dla mnie było wogóle, w jaki sposób mógł Kornfeld dojść do wyżej opisanego rezultatu, głównie zaś ponieważ z góry już wydawało się niepodobnem do prawdy, ażeby pomimo wzmagania się ciśnienia w żyle po przecięciu jej krew z niej nie wypływała, wykonałem następujące doświadczenie:

Połączywszy żyłę szyjną psa z fotohemotachometrem, przyrządem, który prof. Cybulski podał do oznaczenia szybkości ruchu krwi w naczyniach, badałem szybkość krwi w tej żyle, poczem w danej chwili zadraźniłem koniec obwodowy nerwu błędnego. Obserwacya bezpośrednia zapomocą wymienionego aparatu okazała, że w czasie drażnienia nerwu

błędnego, które wywołuje zupełnie zatamowanie czynności serca (jak o tem przekonywa równocześnie manometr wstawiony do jednej z tętnic), szybkość ruchu krwi z początku na krótką chwilę się wzmaga, następnie raźnie opada, aż po chwili ruch krwi ustaje, a podczas drażnienia, dłuższy czas trwającego, kierunek ruchu krwi zmienia się na przeciwny, tj. krew cofa się od serca przez żyły w stronę naczyń włoskowatych.

Po skonstatowaniu tego zjawiska przecinałem żyłę pomiędzy kaniulką a sercem tak, że krew, przepływająca od strony naczyń włoskowatych, przechodziła przez kaniulkę, a potem wypływała na zewnątrz. Drażnienie nerwu błędnego w tym okresie powinno było według Kornfelda sprawić również ustanie ruchu krwi; albowiem urządzenie doświadczenia było teraz zupełnie równe urządzeniu, którem posługiwał się Kornfeld. I tu również żyła była przecięta, krew wypływała na zewnątrz, tj. w przestrzeń o ciśnieniu atmosferycznem. Różnica polegała jedynie w sposobie badania ilości wypływającej krwi.

Doświadczenie to wydało jednak rezultat wręcz odmienny: Pomimo zupełnego zatamowania czynności serca przez drażnienie nerwu błędnego, ruch krwi w żyle nie ustawał; szybkość ruchu krwi zmniejszała się nieco, ale krew nie przestała z przeciętej żyły wypływać.

Spostrzeżenia te bezpośrednie potwierdziły w zupełności następnie otrzymane fotogramy, przedstawiające krzywe szybkości ruchu krwi.

Przytoczone doświadczenie, a mianowicie druga jego część, poucza nas, że podczas zatamowania akcyi serca krew jeszcze przechodzi z układu tętniczego przez naczynia włoskowate do żył i nie przestaje wypływać z żyły pomimo ustania skurczów serca. Okoliczność ta jest bardzo ważną, gdyż sama przez się już wystarcza do wytłumaczenia przyczyny, dla której podczas zadrażnienia nerwu błędnego ciśnienie w żyłach się podnosi.

Wynik sam doświadczenia, jak już wyżej nadmieniłem, można zresztą było z góry przewidzieć. Wszak, jeżeli przecinamy żyłę, to znaczy otwieramy komunikacyę między nią a powietrzem atmosferycznem, krew z niej wypływa z tego tylko powodu, że w żyle istnieje ciśnienie wyższe od atmosferycznego. A jeżeli teraz z jakiego bądź powodu (np. po zatamowaniu czynności serca) ciśnienie w żyle się podniesie, musi chyba wypływanie krwi być znaczniejsze, bo różnica ciśnienia między wnętrzem żyły a świata zewnętrznego stała się większą.

Wzrost ciśnienia w żyłach podczas drażnienia nerwu błędnego tłomaczy się dążnością wyrównania się różnicy ciśnienia w tętnicach i żyłach. Po ustaniu czynności serca, dzięki tej różnicy ciśnienia przepływa krew z tętnic do żył dopóty, dopóki w obu tych układach

ciśnienie nie będzie równe. Część pracy serca, powstałej przez działanie jego skurczów, zużyła się także na rozszerzenie się naczyń tętniczych, a po ustaniu skurczów zużyta w tym celu energia potencyalna zamienia się na kinetyczną, i ona to podnosi ciśnienie w żyłach. Tętnice w miarę odpływu z nich krwi kurczą się dzięki swej elastyczności, do której pokonania właśnie potrzebna była owa ukryta część pracy serca, i wciskają do żył nadmiar krwi.

Oprócz tego czysto mechanicznego, biernego czynnika, istnieje jeszcze inny, równie może ważny, który pociąga za sobą przepływ krwi z tętnic do żył, a więc podwyższa ciśnienie w żyłach. Brak tlenu we krwi, wywołany zatrzymaniem się krążenia, jest silnym bodźcem dla ośrodków naczynioruchowych, a zadrażnienie tych ośrodków sprawia kurczenie się drobnych naczyń, które wciskają swą zawartość do żył, o czem świadczy każdemu znany fakt wzmagania się ciśnienia po ustaniu zatamowania. Z jednej więc strony elastyczność tętnic, z drugiej czynny ich skurcz są przyczyną, że krew z tętnic wchodzi w większej ilości do układu żylnego, a że stąd nie znajduje odpływu do prawego przedsionka, ciśnienie wzrasta, aż do tej wysokości jakie znajduje się i w układzie tętniczym.

W jaki sposób w doświadczeniach Kornfelda pomimo podwyższenia ciśnienia w żyłach krew z otwartego końca obwodowego żyły nie wypływała podczas zatamowania akcyi serca, to pozostaje dla mnie zagadką i chyba przypisać muszę jakiemuś błędowi w doświadczeniu.

Ale na zmiany ciśnienia żylnego podczas drażnienia nerwu błędnego a mianowicie gdy draźnienie to nie wywołuje zupełnego zatamowania, lecz tylko zwolnienie akcyi serca, wpływa jeszcze inne, pewnej wagi zjawisko. Z doświadczeń niektórych autorów wynika, że nerwy błędne zawierają między innemi włókna naczynioruchowe, wchodzące do naczyń płuc. W ostatnich czasach wykazał Henriques,[1]) że u psów i królików draźnienie nerwu błędnego wywołuje rozszerzenie naczyń płucnych, u kotów zaś zwężenie. Jaki zaś wpływ rozszerzenie naczyń płucnych (u psa) wywiera na ciśnienie w żyłach, łatwo pojąć. Przy równej zresztą pracy serca, większa ilość krwi nagromadza się w kole małego obiegu; wskutek obniżenia się ciśnienia w tętnicy płucnej obniża się i ciśnienie w lewym przedsionku, mniej krwi wchodzi do lewej komory serca, mniej też krwi dostaje wielki obieg. Zjawisko to pociąga za sobą zatem obniżenie ciśnienia tętniczego, któremu z natury rzeczy towarzyszy znowu obniżenie ciśnienia żylnego.

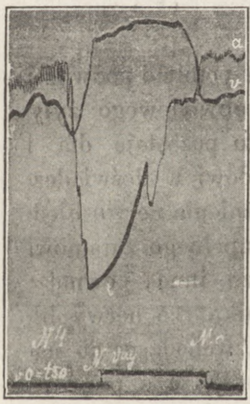
---

[1]) Untersuchungen des Blutdruckes im Lungenkreislaufe. Skandinawisches Archiv für Physiologie IV. Bd. 1893.

Klemensiewicz[1]), który w swoich doświadczeniach, podczas drażnienia nerwu błędnego, obserwował czasem obniżenie ciśnienia w żyłach, po którem dopiero (po ustaniu zatamowania) następowało podwyższenie, tłomaczy to podwyższenie działaniem naczynioruchowych zakończeń nerwu błędnego w trzewach brzusznych. Przy tem odwołuje się K. na pracę Cybulskiego i Wartanowa[2]) (cytując ją z referatu), w której autorowie ci mieli wykazać w nerwie błędnym obecność włókien zwężających dla narządów jamy brzusznej. Tymczasem w pracy tej wykazano obecność włókien tak zwanych presyjnych i depresyjnych, t. j. włókien dośrodkowych, które dopiero za pośrednictwem ośrodków naczynioruchowych mogą sprowadzić zwężenie lub rozszerzenie naczyń w jamie brzusznej. Rzecz naturalna, że podczas drażnienia obwodowego końca nerwu błędnego ten wpływ w rachubę wchodzić nie może.

Przechodząc do doświadczeń własnych, mogę zauważyć, że w tych przypadkach, w których zadraźnienie obwodowego końca nerwu błędnego wywoływało zupełne zatamowanie serca, powstawało rzeczywiście podwyższenie ciśnienia żylnego, jak to okazuje np. fig. 10. Jednakże zdarzało się niekiedy, że ciśnienie w żyłach podczas drażnienia nerwu błędnego opadało. Tak np. w doświadczeniu, które przedstawia fig. 11 w miejscu *v. s.* podwiązano i przecięto jeden nerw błędny, co z początku zadziałało jako zadrażnienie, gdyż widzimy zwolnienia tętna i krzywe ciśnienia tętniczego charakterystyczne dla drażnienia nerwu błędnego. Już tu rozpoczyna się opadanie ciśnienia żylnego, które staje się znaczniejszem w chwili, gdy zadrażniono nerw błędny prądem indukcyjnym (*a*—*b*); po ustaniu zaś zadrażnienia ciśnienie zwolna się znowu podnosi. Obniżenie ciśnienia żylnego pod wpływem zadrażnienia nerwu błędnego występowało tylko wtedy, gdy czynność serca nie została zupełnie zatamowaną, lecz tylko zwolnioną, jak to było w doświadczeniu, którego krzywą przedstawia fig. 11. Czy w takich razach działanie naczynioruchowe odpowiednich włókien nerwu błędnego było silniejsze niż wpływ zatamowania, podwyższającego ciśnienie, rozstrzygnąć trudno.

fig. 10.



v ciśnienie żylne, *a* tętnicze
Manometr otwarty

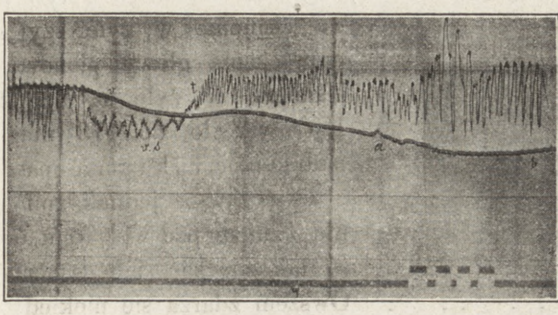
---

[1]) l. c.

[2]) Cybulski i Wartanow; „O stosunku nn. depresores do n. błędnego. Gazeta kliniczna 1883.

Do czynników, wpływających w wysokim stopniu na ciśnienie żylne, należą zmiany w położeniu ciała. Znając wpływ pozycyi ciała na ciśnienie tętnicze,[1]) można było a priori przewidzieć, że będzie on znacznie większy na krążenie krwi w żyłach. Wogóle siła ciężkości

fig. 11.



v ciśnienie żylne, *t* tętnicze
przy *v. s.* przecięto nerw błędny, przy a-b zadrażniono nerw błędny
Manometr otwarty

jest jednym z bardzo ważnych czynników, mających znaczenie dla prawidłowego krążenia krwi w żyłach. W człowieku stojącym popycha krew z żył szyjnych i głowy ku sercu nietylko siła skurczów oraz działanie ssące serca i klatki piersiowej, lecz także siła ciężkości. Za to w żyłach kończyn dolnych działa ona w przeciwnym kierunku od sił tłoczących krew ku sercu. W ten sposób sprzyja siła ciężkości odpływowi krwi z żył głowy i szyi i zmniejsza wskutek tego ciśnienie w żyłach tych narzędzi, a utrudnia odpływ krwi żylnej z kończyn, podnosi więc ich ciśnienie żylne.

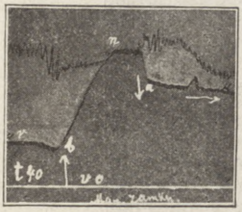
Jeżeli zwierzę ustawimy w pozycyi pionowej głową do góry, to zjawiają się dwa czynniki, które obniżają ciśnienie krwi w żyłach szyjnych. Po pierwsze ciśnienie w tętnicach, doprowadzających krew do przednich części ciała, nieco się obniża, powtóre odpływ krwi z żył pod wpływem siły ciężkości zostaje ułatwiony. W odwrotnym kierunku działają te dwa czynniki na żyły kończyn dolnych, a *mutatis mutandis* będziemy mieli, układając zwierzę głową ku dołowi, opadanie ciśnienia w żyłach udowych, wzrastanie w szyjnych.

---

[1]) Cybulski: O wpływie pozycyi ciała na krążenie krwi u zwierząt. Przegląd Lekarski 1888. i Nowy przyrząd do badania prędkości ruchu krwi i jego zastosowanie. Kosmos 1886. Por. także. Blumberg: Ueber d. Einfluss der Schwere etc. Pflüg. Arch. 37 i Wagner. Fortges. Unters. üb. d. Einfluss etc. Pflüg. Arch. 39.

Wpływ położenia ciała na ciśnienie krwi w żyłach jest w rzeczywistości tak znaczny, że odgrywa niemałą rolę w urządzaniu doświadczenia. Nie ulega wątpliwości, że niejeden fałszywy rezultat doświadczenia przypisać trzeba tej okoliczności, że eksperymentator nie dość uwagi na to zwracał, ażeby zwierzę było poziomo ułożone i wciąż w tej samej pozycyi się znajdowało.[1]) Fig. 12. wskazuje wpływ pozycyi ciała na ciśnienie w żyle szyjnej. Podczas opuszczenia głowy pionowo ku dołowi ciśnienie w żyle szyjnej z 125 mm. H_2O wzrosło do 173 mm. w skutek podniesienia jej ku górze opadło do 58 mm.

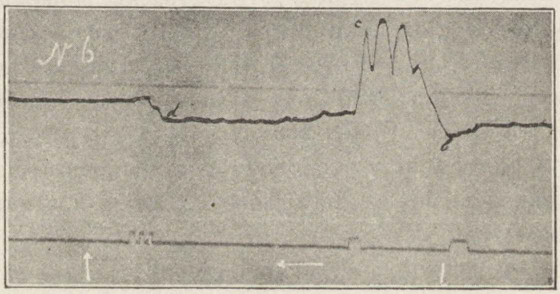
fig. 12.



od *k* do *m* ciśnienie w żyle szyjnej przy ułożeniu poziomem zwierzęcia. m—n przy ułożeniu głową w dół n—r przy ułożeniu głową ku górze.

Nie zawsze jednak zmiany w ciśnieniu żylnem pod wpływem ułożenia ciała są tak znaczne, jak dopiero co opisane. Owszem zdarza się niekiedy, jak to na fig. 13. widzieć można, (gdzie nawet po podniesieniu głowy do góry ciśnienie się nieco podniosło), że wpływ ułożenia ciała,

fig. 13.



a—b ułożenie poziome
b—c „ pionowe głową w dół
c—d „ poziome
d—e „ pionowe głową ku górze
Manometr otwarty

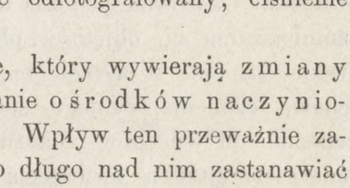
na ciśnienie w żyłach nie jest tak dominujący. Tę, niekiedy występującą, małą zależność ciśnienia żylnego od zmian w pozycyi przypisać musimy regulatorom, które znamy już z doświadczeń nad ciśnieniem tętniczem.

[1]) Miałem sposobność sam naocznie się o tem przekonać, jak w jednej z głośniejszych pracowni, przy oznaczaniu ciśnienia w przedsionku, pies leżał stale w ułożeniu skośnem, głową nieco ku dołowi.

Jak z cytowanych wyżej prac Cybulskiego wiadomo, regulatorami takimi są: aparat nerwowy oddychania, ośrodki naczynioruchowe i tamujące czynność serca, które, przystosowując się do zmienionych warunków krążenia, są w stanie ciśnienie tętnicze pomimo zmian w ułożeniu ciała utrzymać prawie na jednej wysokości, albo przynajmniej zmiany w ciśnieniu zredukować do minimum. Wobec zależności ciśnienia żylnego od akcyi serca i od oddychania, muszą te same regulatory równą tu odgrywać rolę. I rzeczywiście doświadczenia przekonały mnie, że rzecz tak się ma. Mianowicie o wiele znaczniejsze wahania są w wielkości ciśnienia żylnego, pod wpływem zmian w pozycyi ciała, jeżeli jeden z wyżej wymienionych regulatorów odpada. I tak np. po przecięciu nerwów błędnych, to jest po usunięciu wpływu ośrodków tamujących akcyę serca, zależność zmiany ciśnienia żylnego od ułożenia ciała staje się ogromną. W krzywych, które otrzymywałem u zwierząt z przeciętymi nerwami błędnymi, wzrost ciśnienia po ułożeniu zwierzęcia głową ku dołowi bywał tak znaczny, że nawet, gdy manometr był zamknięty, menisk słupa wody wychodził po nad szczelinę aparatu fotograficznego i wskutek tego nie mógł być odfotografowany; ciśnienie dochodziło wtedy wyżej 500 mm. H_2O.

Z kolei wspomnieć należy o wpływie, który wywierają zmiany w świetle naczyń, powstałe przez działanie ośrodków naczynioruchowych, na ciśnienie krwi w żyłach. Wpływ ten przeważnie zależy od zmian ciśnienia tętniczego i dlatego długo nad nim zastanawiać się nie potrzebujemy. Jeżeli wskutek zwężenia naczyń na dużym obszarze ciała powstanie podwyższenie ciśnienia ogólnego w tętnicach, to w samym obszarze zwężonym z powodu utrudnionego przepływu mniej krwi wlewa się do żył i prawdopodobnie zmniejsza się ciśnienie. Natomiast w reszcie ciała nietylko wskutek podwyższonego ciśnienia tętniczego, ale i wskutek tego, że objętość łożyska tętniczego przez zwężenie drobnych tętniczek się zmniejszyła, żyły ciała znaczniej się wypełniają i podnosi się w nich ciśnienie. Przykład takiego podwyższenia ciśnienia pod wpływem działania ośrodków naczynioruchowych przedstawia fig. 14. Drażnienie dośrodkowego końca nerwu kulszowego (*n. cruralis*), jak w ogóle większej części nerwów czuciowych sprowadza u zwierząt prawidłowych — nie znajdujących się w narkozie chloralowej — podwyższenie ciśnienia tętniczego, a w następstwie tego i żylnego wskutek odruchowego zadraż-

fig. 14.

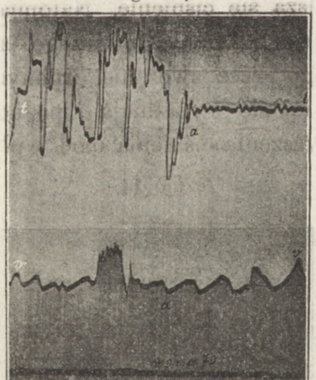


Drażnienie nerwu kulszowego (*a*)
Manometr zamknięty

nienia ośrodków naczynioruchowych w rdzeniu przedłużonym, które wywołują ogólne zwężenie naczyń ciała.

Podobne zadrażnienie ośrodków naczynioruchowych otrzymuje się, jak wiadomo, wskutek niedostatecznego utleniania krwi pod wpływem utrudnionego oddychania. Podwyższenie ciśnienia, jakie wtedy powstaje w żyłach, jest oczywiście następstwem zmian naczynioruchowych, a więc podniesienia ciśnienia w tętnicach. Sprawa jednak w tym przypadku się wikła o tyle, że odbierając zwierzęciu tlen, zmieniamy w wysokim stopniu wpływ samego oddychania na ciśnienie żylne, zależnie od sposobu, w jaki wywoływamy duszność. Jeżeli doświadczenie nasze wykonywamy na zwierzęciu nie zatrutem kurarą, które prawidłowo oddycha, i staramy się wywołać duszność przez odcięcie dopływu powietrza np. przez zatkanie rurki tracheotomijnej, to oddechy zwierzęcia, które z początku stają się coraz forsowniejsze, wywołują w klatce piersiowej tem znaczniejsze ciśnienie ujemne, że płuca nie mogą postępować za rozszerzeniem klatki piersiowej, co, jak to już widzieliśmy, zmniejsza znacznie ciśnienie krwi w żyłach podczas wdechu. Odwrotnie podczas wydechów forsownych, z powodu niemożności zmniejszania się objętości płuc i podniesienia się ciśnienia śródklatkowego ciśnienie w żyłach bardzo się podnosi. W ten sposób fale oddechowe ciśnienia żylnego stają się bardzo znaczne. Zmiany ciśnienia zależne od wdechów znacznie tu przeważają, bo wdechy są o wiele energiczniejsze u zwierzęcia w czasie dyspnoë, a z tego wynika, że obniżenie ciśnienia, będące następstwem zmian w oddychaniu, może częściowo lub całkowicie znosić podwyższenie, powstające pod wpływem podwyższenia ciśnienia w tętnicach. Przykład zmian ciśnienia żylnego, wywołanych przez duszenie, w rezultacie nieznacznych, przedstawia fig. 15.

fig. 15.



v ciśnienie w żyłach, *t* w tętnicach przy *a* zamknięto kaniulkę tracheotomijną.
Manometr zamknięty.

Inaczej rzecz się ma, jeżeli staramy się wywołać duszność u zwierzęcia kuraryzowanego lub z otwartą klatką piersiową przez to, że przerywamy sztuczne oddychanie. Ponieważ w tym przypadku wpływ oddychania na ciśnienie żylne, pozostaje niezmieniony, przeto musi przeważać w żyłach podwyższenie ciśnienia udzielone z tętnic.

W doświadczeniach swoich starałem się także zbadać, jakim zmianom ulega ciśnienie w żyłach, jeżeli wywołamy u zwierzęcia sztuczną wadę serca. Badań tego rodzaju do niedawna nikt nie przeprowadzał i dopiero w ostatnich czasach Kornfeld z pracowni Bascha ogłosił pracę, w której zajmował się zachowaniem się ciśnienia krwi w żyłach wobec wad lewego serca sztucznie wywołanych[1]).

Jak w doświadczeniach hemodynamicznych wogóle, zadawalano się dotąd i w badaniach zmian krążenia wywołanych przez nagle powstałą wadę serca oznaczaniem ciśnienia tętniczego. Ale i pod tym względem doświadczenia różnych autorów doprowadziły do sprzecznych rezultatów. Podczas gdy Rosenbach[2]) na podstawie swych doświadczeń dochodzi do wniosku, że nawet zniszczenia zastawek (u psów i królików) wysokiego stopnia nie wpływają na ciśnienie tętnicze, twierdzi Goddard[3]), że owszem (u królików) występuje po uszkodzeniu zastawek półksiężycowych aorty wybitne obniżenie ciśnienia tętniczego. Cohnheim przyznaje słuszność zapatrywaniu Rosenbacha i tłomaczy brak zmian w ciśnieniu tętniczem po wywołaniu wady serca łatwem powstawaniem kompensacyi. Według Cohnheima posiada mięsień sercowy zapas siły, którą się posługuje, gdy jakiebądź utrudnienia i przeszkody w krążeniu wymagają energiczniejszej pracy serca. Jager[4]) godzi sprzeczne wyniki autorów, podając, że tylko u psów sztuczna wada serca pozostaje bez wpływu na ciśnienie tętnicze, u królików zaś uszkodzenie zastawek półksiężycowych aorty wywoływa znaczne obniżenie ciśnienia tętniczego. Zdaniem Jagera pochodzi to stąd, że rozdarcie zastawki u królika sprowadza u niego stosunkowo wyższego stopnia wadę niż u psa.

Oznaczeniem ciśnienia w żyłach po wywołaniu sztucznych wad i to tylko wad lewej połowy serca zajmował się, jak już wyżej wspomniałem, jedynie Kornfeld. O metodzie jego badania wiadomo z jego publikacyi tylko tyle, że do graficznego zapisywania ciśnienia żylnego posługiwał się manometrem wypełnionym węglanem sodowym, w którym poruszał się lekki pływak opatrzony w piórko. Wyniki, do których autor ten doszedł, streścić można w następujący sposób: wada serca lewego, która pociąga za sobą niedomaganie komory lewej (*insufficientia*) a w następstwie tego obniżenie ciśnienia w tętnicach, sprowadza zawsze

---

[1]) Klinische und experimentelle Studien aus dem Laboratorium des Prof. von Basch. 1892.

[2]) Ueber artificielle Herzklappenfehler. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. T. IX.

[3]) Kunstmatig opgewekte gebreken van het ostium aortae (wedł. ref.).

[4]) Archiv für die gesammte Physiologie. t. 31

również i obniżenie ciśnienia żylnego. Podwyższenie zaś ciśnienia żylnego otrzymujemy tylko wtedy, gdy i prawa komora nienależycie funkcyonuje, a zatem gdy i w prawem sercu powstaje względna lub organiczna wada.

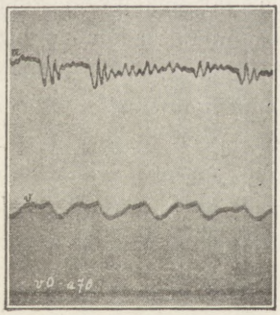
Doświadczenia moje ograniczały się na razie głównie do zbadania wpływu dwu wad sercowych na ciśnienie żylne, mianowicie niedomykalności zastawek półksiężycowych aorty (*Insufficientia valvularum semilun. aortae)* i niedomykalności zastawki trójdzielnej serca prawego *(Insufficientia valv. tricuspidalis.*).

W celu wywołania niedomykalności zastawek półksiężycowych aorty wsuwałem przez tętnicę szyjną do aorty pręcik metalowy, a w chwili, gdy ręka, prowadząca pręcik, uczuwała opór, co oznaczało miejsce, w którem pręt opierał się o zastawkę, przerywałem ją mocniejszem pchnięciem. Uszkadzałem zaś zastawki trójdzielne zapomocą osobnych nożyków. Były one ukryte w pręciku, a po wprowadzeniu pręcika przez prawą żyłę szyjną do przedsionka, a stąd do komory prawej, dzięki odpowiedniemu urządzeniu, można je było wysunąć. Przez okręcenie pręcika nożyki przerywały nitki ścięgniste, a czasem i przecinały zastawki i w ten sposób powstawała niedomykalność zastawki trójdzielnej.

Rzecz naturalna, że wyprowadzałem wnioski co do wpływu wad zastawkowych tylko z tych doświadczeń, w których sekcya zwłok wykazała, że opisane postępowanie sprawiło rzeczywiście wadę.

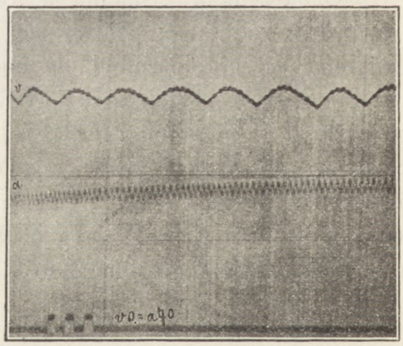
Wpływ niedomykalności zastawek półksiężycowych aorty widać dosadnie z przytoczonej krzywej fig. 16 i 17.

Fig. 16.



v ciśnienie żylne, *a* tętnicze w stanie prawidłowym zwierzęcia.

Fig. 17.



v ciśnienie żylne, *a* ciśnienie tętnicze po zrobieniu niedomykalności zast. półksięż. aorty.

Jeżeli porównamy wysokość ciśnienia tętniczego i żylnego u tego samego zwierzęcia na początku doświadczenia i po zrobieniu wady

serca, to przekonamy się, że pod wpływem tej ostatniej ciśnienie tętnicze znacznie opadło (średnie ciśnienie w tętnicy szyjnej wynosiło na początku doświadczenia 188 mm. Hg., później 114 mm. Hg.), ciśnienie zaś w żyłach się podniosło (z 22 na 65 mm. H_2O.), w dwóch innych doświadczeniach wzrost ciśnienia żylnego był znacznie mniejszy. Przytem zauważyć także można na krzywej ciśnienia tętniczego puls wysoki, charakterystyczny dla niedomykalności zastawek półksiężycowych aorty. Wynik ten przedewszystkiem nas poucza, że nietylko u królików, ale i u psów po wywołaniu niedomykalności aorty spadanie niekiedy ciśnienie tętnicze wbrew twierdzeniu Cohnheima i Rosenbacha. Nadto stoją one w sprzeczności z wynikami Kornfelda, który utrzymuje, że każda wada lewego serca sprowadza nietylko obniżenie ciśnienia tętniczego, ale i żylnego, jeżeli prawa połowa serca pozostaje prawidłowa. Według mnie, niekoniecznie potrzeba równoczesnego osłabienia czynności prawej połowy serca do wywołania zastoju, a tem samem podwyższenia ciśnienia żylnego. Obniżenie ciśnienia tętniczego, jakie powstaje po uszkodzeniu zastawek półksiężycowych aorty, przez to, że pewna część krwi wtłoczonej podczas skurczu komory do tętnicy głównej, wraca podczas rozkurczu do komory, sprawia wprawdzie niedopełnienie całego dużego układu krążenia, a więc i obniżenie ciśnienia żylnego, ale wpływ ten na ciśnienie żylne trwa tylko czas jakiś. Skoro komora lewa nie może się podczas skurczu zupełnie wypróżnić i za każdym rozkurczem nowa ilość krwi z tętnicy głównej wraca do komory, musi większa ilość krwi nagromadzić się, a tem samem musi się podnieść ciśnienie w lewej komorze podczas rozkurczu. Wskutek tego strumień krwi z przedsionka lewego do lewej komory, a zatem pośrednio i z żył płucnych do przedsionka lewego napotyka na znaczniejszą przeszkodę. Zastój w ten sposób wywołany przenosi się także na tętnicę płucną i komorę prawą, podnosi w niej ciśnienie — i jeżeli komora prawa nie pracuje energiczniej niż w stanie prawidłowym, lub jeżeli i energiczniejsza praca nie jest w stanie pokonać zwiększonego oporu, powstaje zastój w przedsionku prawym, który wywołuje podniesienie ciśnienia w żyłach. Innemi słowy początkowe niedopełnienie dużego koła, wywołane zmniejszeniem się ilości krwi wytłaczanej podczas każdego skurczu przez lewą komorę, sprowadza po pewnym czasie przepełnienie małego koła, a następnie zastój żylny, którego wynikiem jest albo podwyższenie ciśnienia żylnego, albo przynajmniej brak obniżenia. Że to nie jest tylko czcze rozumowanie, dowodzą: doświadczenia Strickera[1]) oraz Bettelheima

[1]) Stricker: Vorlesungen über allgemeine und experimentelle Pathologie. 1883, str. 807.

i Caudersa [1]), które wykazały, że w tętnicy płucnej (a zatem w małym obiegu) po wywołaniu wady serca lewego rzeczywiście podnosi się ciśnienie, oraz przytoczone wyżej wyniki z moich doświadczeń, które wydały podwyższenie ciśnienia żylnego. Jakkolwiek podwyższenie ciśnienia w żyłach pod wpływem niedomykalności aorty wogóle nie jest znaczne, świadczy ono o zastoju właśnie dlatego, że występuje pomimo obniżenia ciśnienia w tętnicach, które samo przez się wywołuje obniżenie ciśnienia żylnego.

Jeżeli wpływ dopiero co opisanej wady serca na ciśnienie w żyłach pozostawiał jeszcze pewne wątpliwości, to wpływ niedomykalności zastawki trójdzielnej na krążenie żylne jest tak wielki, że od razu wybitnie występuje na jaw. Skoro tylko w następstwie manipulacyi zapomocą wyżej opisanego narzędzia w sercu prawem powstaje niedomykalność zastawki, od razu podnosi się ciśnienie w żyłach i abstrahując od zwykłych wahań oddechowych i pulsacyj, utrzymuje się wciąż na wysokości znaczniejszej od stanu prawidłowego. Zjawisko to jest nieuniknionem następstwem tego, iż podczas każdego skurczu prawej komory tylko pewna część krwi, w komorze się znajdującej, wchodzi do tętnicy płucnej, druga zaś część wraca do przedsionka. Podczas gdy tętnica płucna otrzymuje małą ilość krwi, nagromadza się w przedsionku prawym ilość znacznie większa niż w stanie prawidłowym, wskutek czego odpływ krwi z żył ciała do przedsionka prawego jest utrudniony. Podwyższenie ciśnienia w żyłach jest więc wyrazem zastoju i bezpośredniem następstwem wady prawego serca.

Obserwacya kliniczna poucza, że w przebiegu wady serca prawego, a mianowicie niedomykalności zastawki trójdzielnej występuje widoczne dla oka pulsowanie żył. To pulsowanie, które jest współczesne ze skurczami serca, uważamy jako cechę charakterystyczną niedomykalności zastawki trójdzielnej, a jest ono następstwem znaczniejszych różnic w ciśnieniu żylnem podczas skurczów i rozkurczów komory prawej. Gdy każdy skurcz komory prawej popycha krew nietylko do tętnicy płucnej, ale i napowrót do przedsionka prawego, powstaje przez to silna fala wsteczna, która zwiększa znacznie ciśnienie w żyłach tak, że krew podczas skurczu nie może albo wcale, albo może tylko niedostatecznie z żył wypływać. A do tego już samo podwyższenie ciśnienia żylnego usposabia do wybitniejszego występowania

[1]) Klinische und experimentelle Studien aus dem Laboratorium des Prof. v. Basch. 1891.

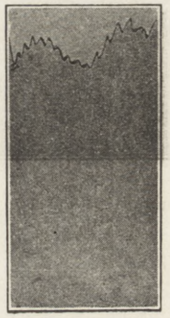
pulsu żylnego, gdyż, jak doświadczenia Tripiera, o których wyżej była mowa, wykazały, obecność lub brak pulsacyj żylnych zależy od wysokości ciśnienia. Pulsacye te widzimy w krzywej fig. 19. Krzywa ta wskazuje także znaczne podwyższenie ciśnienia po powstaniu sztucznej niedomykalności zastawki trójdzielnej. Podczas gdy w początku doświadczenia (fig. 18) średnie ciśnienie krwi w żyle szyjnej zewnętrznej wynosiło 38 mm., wzrosło ono pod wpływem wady prawego serca (fig. 19) do 71 mm.

Fig. 18.



Ciśnienie żylne w stanie prawidłowym. Manometr otwarty.

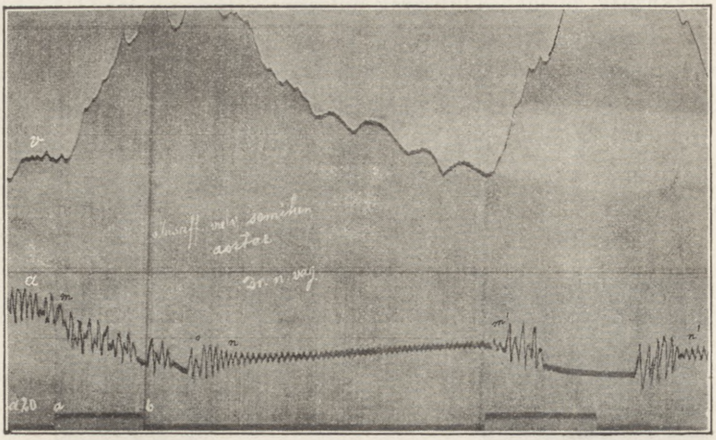
Fig. 19.



Ciśnienie żylne w przebiegu insuff. valv tricuspid. Manom. otwarty.

Omawiając cechy ciśnienia żylnego w przebiegu niektórych wad serca, wypada mi jeszcze zwrócić uwagę na jeden fakt, który w doświadczeniach swych zauważyłem. Mianowicie wszelkie bodźce, które wpływają na ciśnienie krwi w żyłach, wywołują u zwierząt z wadą serca zmiany o wiele znaczniejsze niż w stanie prawidłowym. Jako przykład niech nam posłużą zmiany ciśnienia żylnego pod wpływem zadrażnienia nerwu błędnego. Widzieliśmy wyżej, że ciśnienie w żyłach pod działaniem tamującem zakończeń nerwu błędnego wzrasta. Wzrost ten na krzywej, którą przedstawia fig. 10, wznosi się z 76 do 95 mm. O wiele znaczniejsze podwyższenie ciśnienia okazuje fig. 20, którą otrzymano przez zadrażnienie nerwu błędnego u tego samego psa po wywołaniu u niego niedomykalności zastawek półksiężycowych aorty. Tu ciśnienie żylne przy pierwszem zadraźnieniu nerwu błędnego (m n) z 66 mm. wzrosło do 114 mm., podczas powtórnego drażnienia (m' n') podniosło się ponad 120 mm. Przyczyna tego zjawiska zdaje się leżeć w tem, że z powodu niedostatecznej funkcyi zastawek serce pod wpływem wszelkich bodźców o wiele łatwiej wychodzi z równowagi niż w stanie prawidłowym i z większą też łatwością powstają zaburzenia w krążeniu.

Fig. 20.



v ciśnienie w żyłach, *t* w tętnicach, *m—n* i *m'—n'* drażnienie nerwu błędnego. Manom. otwarty.

Jeżeli się zastanowimy nad wynikami przytoczonych tu badań, musimy przyjść do przekonania, że uwzględnianie zmian ciśnienia żylnego prowadzi do poznania i zrozumienia zjawisk, którychbyśmy nie znali, ograniczając się li tylko do badania ciśnienia tętniczego, a dołączone fotogramy przekonywają nas, że rozporządzamy manometrem, który tak wiernie i z taką dokładnością oddaje wszelkie, choćby najdrobniejsze zmiany w ciśnieniu żylnem, że główne trudności, jakie stały na przeszkodzie pomiarom ciśnienia ościennego krwi w żyłach, możemy uważać za pokonane.